

TIEREKISTERITIETOJEN LAADUNVALVONTA PILOTTITUTKIMUS

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

TIEREKISTERI

HELMIKUU 1976

77 076

TIEREKISTERITIETOJEN LAADUNVALVONTA(LAVA)

3. jakso: Pilottitutkimus, tulokset

TVH
Taloussosasto
Tutkimustoimisto
7.2.1976

S i s ä l t ö

	Sivu
1. ESIPUHE	1
2. AINEISTO	2
3. MENETELMÄT	2
4. TILASTOLLISET MENETELMÄT	4
4.1 Yleistä	4
4.2 Jatkuva-arvoiset muuttujat	4
4.3 Luokkamuuttajat	7
5. TULOKSET	8
5.1 Tieosan pituus	9
5.2 Mäkisyys	12
5.3 Kaarteisuus	12
5.4 Näkemät	15
5.5 Kunta	25
5.6 Ajoradan päällyste	27
5.7 Valaistus	32
5.8 Ajoradan leveys	34
5.9 Rautatietasoristeys	39
5.10 Silta	41
5.11 Liittymä	43
6. YHTEENVETO	46
7. POHDINTA	49
LIITTEET	53-58
KIRJALLISUUS	59

1. Esipuhe

Tämän raportin tarkoituksena on antaa tierekisterin suunnittelijoille ja käyttäjille kosketuksen asiaan, joka on hyvin keskeinen isojen aineistojen taltioinnin ja käsittelyn yhteydessä, nimittäin aineiston laadunvalvontaan.

Tutkimuksessa on ongelmana ollut tietojen runsaus. Suurin osa aineistosta on tästä syystä jouduttu tiivistämään tilastolliseksi tunnusluvuiksi. Jotta laadittu raportti olisi helppolukuinen muillekin kuin tilastotieteestä kiinnostuneille on siihen pyritty ottamaan mukaan suhteellisen paljon kuvia ja taulukoita sekä otteita alkuperäisen aineiston keskeisimmistä kohdista. Käytetyt tilastolliset tunnusluvut on kuvattu luvussa 4 ja pohjana oleva kirjallisuus on lueteltu kirjallisuusluettelossa. Varsinaiset tulokset ovat esitetyt luvussa 5. Luvuissa 6 ja 7 on pyritty antamaan verbaalinen yhteenveto tuloksista ja niiden tulkinnasta.

Tämä työ on suoritettu 1.1. - 31.12.1975 välisenä aikana talousosaston tutkimustoimistossa konsultin Paul Knekt avustuksella. Suunnittelutyöhön ovat konsultin lisäksi osallistuneet vt. tstopääll. Erkki Leiviskä, jaostopääll. Veikko Salovaara ja ins. Runo Uusitalo. Kenttämittaukset on pääasiallisesti suorittanut Erkki Suni. Häntä avustivat näkemämittauksissa Uusitalo ja tark. Miettinen. ATK-käsittelystä on vastannut jaostopääll. Jukka Pietiäinen ja ohjelmoija Sirpa Merviö.

2. Aineisto

Aineistoksi valittiin n. viidesosa Mikkelin piirin maantieverkosta. Otosta valittaessa huolehdittiin siitä, että jokainen tieluokka oli riittävästi edustettuna. Kunkin tieluokan sisällä valittiin otokseen tulevat tiet satunnaisesti. Otos käsittää 510 km tietä (110 tieosaa).

Mitattiin seuraavat tietolajit: Tieosan pituus, mäkisyysluku, kaarteisuusluku, kunta, ajoradan leveys, ajoradan päällyste, valaistus, rautatien tasoristeys, liittymä sekä silta. Tietolajien ominaisuudet ovat kuvatut liitteessä 1.

Otos mitattiin (Sun1) kahdesti kentällä vuonna 1975. Näin syntyi kolme aineistoa, joista kaksi koostui kenttämittauksista ja kolmas tierekisteriin aikaisemmin viedyistä tiedoista.

Edelläkuvatun otoksen lisäksi valittiin n. 300 km:n otos Kuopion piiristä, jossa suoritettiin näkemämittaukset. Otos mitattiin kolmasti kentällä vuonna 1975.

3. Menetelmät

Tutkimuksen tarkoituksena oli suorittaa rekisterissä olevien tietolajien sekä tierekisterin mittausmenetelmien laadun arviointia. Vertailemalla tierekisteritietoja ja referenssimittajaana toimivan Sunin ensimmäisen mittauskerran mittaus tuloksia keskenään pyrittiin arvioimaan tierekisterin ja kentän välistä tasoeroa. Vertailemalla Sunin kahta referenssimittauskertaa keskenään pyrittiin arvioimaan mittausmenetelmän toistettavuutta. Kenttämittaukset tapahtuivat tierekisterin inventointiohjeita noudattaen.

Näkemämittausten osalta tavoitteena oli verrata tavallista tierekisteritietojen keräyksessä käytettävää mittausmenetelmää tasaväliseen mittausmenetelmään sekä arvioida tavallisen mittausmenetelmän toistettavuutta. Näin ollen näkemämittaus

suoritettiin kahdesti tierekisterin inventointiohjeita noudattaen ja kerran tasavälistä mittaustapaa käyttäen.

Tasavälimittauksessa välin pituus rakennetuilla teillä oli 100 m ja rakentamattomilla teillä 50 m. Käsiteltävien tieosuuksien lukumäärän kasvattamiseksi tiet jaettiin kohteisiin niin, että rakennettujen teiden kohteet olivat n. 3 km ja rakentamattomien teiden kohteet n. 2 km. Mittaukseen osallistui Sunin lisäksi ensimmäisellä mittauskerralla Uusitalo ja muilla kerroilla Miettinen.

Aineiston analyysissä tarkasteltiin eri mittauskertojen välistä yhtäpitävyyttä seuraavien asioiden suhteen:

- 1) Tiedon luokitusosa
- 2) Luokituksen vaihtumiskohtien lukumäärä
- 3) Luokituksen vaihtumiskohtien sijainti

Tiedon luokitusosan yhtäpitävyyttä tarkasteltaessa erotellaan jatkuva-arvoisten ja luokkamuuttujien yhtäpitävyyttä. Jatkuva-arvoisia muuttujia ovat tieosan pituus, mäkisyys, kaarteisuus, näkemät sekä tieosakohtaiset leveys- ja päällystekompariivot. Luokkamuuttujien yhtäpitävyydellä tarkoitetaan molemmilla mittauskerroilla esiintyvien tapausten luokkien yhtäpitävyyttä. Luokituksen yhtäpitävyyttä arvioidaan tietolajeille päällyste, rautatietasoristeys ja silta.

Luokituksen vaihtumiskohtien esiintyvyyden yhtäpitävyyttä arvioitaessa lasketaan tietolajeille kunta, ajoradan leveys, päällyste ja valaistus luokituksen vaihtumiskohtien sekä tietolajille rautatietasoristeys esiintymispisteiden lukumäärä tieosaa kohti. Liittymän osalta tarkastellaan risteävän tien numeron ja sillan osalta siltanumeron yhtäpitävyyttä. Esiintyvyys mittaa virheitä, jotka johtuvat vaihtumiskohdan havaitsemattomuudesta tai siirtymisestä toiselle tieosalle.

Luokituksen vaihtumiskohtien sijainnin yhtäpitävyyttä arvioidaan tarkastellaan molemmilla kerroilla esiintyvien vaihtumiskohtien (esiintymiskohtien) metrilukemat. Näiden avulla

arvioidaan mahdolliset siirtymävirheet tieosan sisällä. Nämä sisältävät varsinaista pituusmittausvirhettä (josta on saatu arvio tieosan pituuden mittausvirheestä) sekä tarkastelun kohteena olevan tietolajin mahdollisesta virheestä vaihtumiskohdan määrittelyssä. Tarkastellaan tietolajit, kunta, leveys, päällyste, valaistus, rautatietasoristeys, silta ja liittymä.

4. Tilastolliset menetelmät

4.1 Yleistä

Kuvan saamiseksi rekisteritietojen sekä käytettyjen mittausmenetelmien laadusta, arvioitiin tierekisteriotoksen validisuutta ja kenttämittauksen reliabiliteettia. Validisuus mittaa, kuinka hyvin otos kuvaa kentällä vallitsevaa tilannetta ja reliabiliteetti mittauksen toistettavuutta kahdessa samoissa olosuhteissa suoritettussa mittauksessa. Validisuutta mitattaessa otos verrattiin referenssimittaukseen joka ei luonnollisesti-kaan ole identtinen kentällä vallitsevan tilanteen kanssa. Referenssimittauksen reliabiliteetti on kuitenkin tiedossa.

Validisuutta ja reliabiliteettia arvioitaessa on tarkoituksenmukaista erottaa toisistaan tapaukset joissa mitattava muuttuja on jatkuva-arvoinen (esim. tieosan pituus) ja jossa se on luokiteltu (esim. liittymäluokka).

Tilastollista käsittelyä varten on aina määriteltävä perusyksikkö, jonka suhteen mittaukset suoritetaan. Tällaisia ovat esim. tieosa ja liittymä. Näin esim. otokseen kuuluvat kaikki tieosat tai kaikki liittymät muodostavat käsiteltävän aineiston. Yhtä tällaista perusyksikköä kutsutaan tapaukseksi.

4.2 Jatkuva-arvoiset muuttujat

Jatkuvien muuttujien validisuuden ja reliabiliteetin arvioimiseksi aineisto järjestetään taulukon 1 mukaisesti,

Taulukko 1: Jatkuvan muuttujan mittaustulokset

Tapaus	Mittaus 1	Mittaus 2
1	x_{11}	x_{21}
\vdots	\vdots	\vdots
N	x_{1N}	x_{2N}

missä x_{ij} on i:nneen mittauskerran j:nneen tapauksen mittaustulos. Aineistoja kuvaavia tunnuslukuja ovat mittauskerran keskiarvo

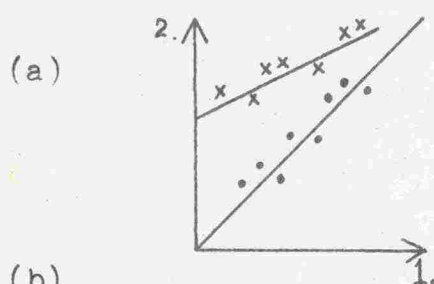
$$(1) \bar{x}_{i.} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} \quad (i=1,2)$$

ja standardipoikkeama

$$(2) SD_i = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2} \quad (i=1,2)$$

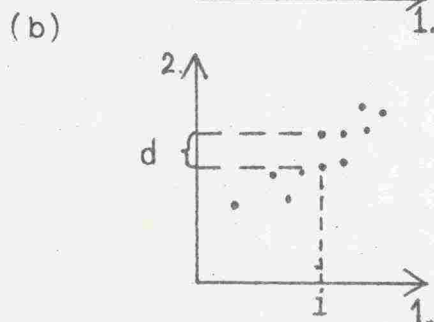
Kun taulukon 1 mittaustulokset sijoitetaan koordinaatistoon, saadaan visuaalinen kuva mittauskertojen välisistä yhteyksistä. Kuviossa 1 on esitetty esimerkkejä erilaisista esiintyvistä tilanteista. Kuvioista huomataan, että toisaalta olisi arvioitava mittauskertojen välisiä mahdollisia tasoeroja (1a) toisaalta satunnaisvaihtelua (1b ja 1c). Kahden mittauskerran välistä yhteyttä kuvaavia tunnuslukuja ovat vaihtelukerroin

Kuvio 1: Jatkuvan muuttujan validisuus ja reliabiliteetti
1. ja 2. mittauskerroilla

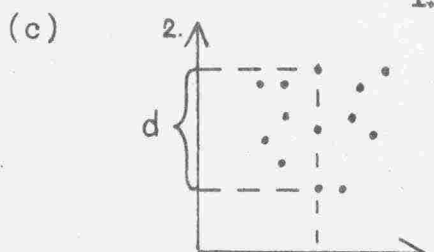


. Taso on sama molemmille mittauskerroilla (hyvä validisuus)

x Taso on korkeampi toisella mittauskerralla. Tasoero riippuu lisäksi muuttujan arvosta (huono validisuus)



Reliabiliteetti on suhteellisen hyvä koska vaihtelu (d) 2. mittauskerralla on 1. mittauskerran mielivaltaisella tasolla 1 suhteellisen pieni.



Reliabiliteetti on huono

$$(3) \quad CV = \frac{s}{x_1}.$$

ja reliabiliteettikerroin

$$(4) \quad R = \frac{s_B^2}{s^2 + s^2}$$

Kaavioissa (3) ja (4) esiintyvillä symbooleilla ovat seuraavat merkitykset

$$(5) \quad s^2 = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N (\bar{x}_{1j} - \bar{x}_{2j})^2 \quad (\text{virhevarianssi})$$

$$(6) \quad s_B^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..})^2 \quad (\text{tapausten välinen varianssi})$$

Virhevarianssi ilmaisee mittauskertojen välisen vaihtelun tapauksen sisällä. Näin ollen, kun s^2 on pieni, niin myös CV on pieni ja kun s^2 kasvaa, niin myös CV kasvaa. Yhteys mittauskertojen välillä on siis parempi, mitä pienempi CV on. R:n kohdalla tilanne on päinvastainen. Kun $s^2 = 0$, niin $R = 1$ ja kun s^2 kasvaa, niin R pienenee kohti 0 ja näin ollen yhteys on parempi, mitä suurempi R on.

Mittauskertojen väliset mahdolliset tasoerot on estimoitu ns funktionaalisten riippuvuuksien avulla. Tällöin on lähdetty mallista

$$(8) \quad x_{1j} = Z_j + e_{1j}$$

$$x_{2j} = a + b Z_j + e_{2j}$$

missä x_{1j} ja x_{2j} ovat havaitut arvot, Z_j on teoreettinen (tunte-maton) arvo, e_{1j} ja e_{2j} ovat mittausvirheet sekä a ja b ovat mittauskertojen välistä lineaarista yhteyttä kuvaavat estimoitavat kertoimet. Suorittamalla aineistolle tasokorjaus a:n ja b:n estimaattien avulla saadaan uusi s^2 :n estimaatti. Sijoittamalla tämä kaavaan (5), saadaan korjattu reliabiliteettikerroin (R_k).

Taulukoissa on esitetty $a = 0$ ja $b = 1$, jos Fisherin testin mukaan ei ole löydetty tilastollisesti merkitseviä kertoimia. Muussa tapauksessa parhaimmat kerroinestimaalit on esitetty.

4.3 Luokkamuuttujat

Luokkamuuttujien validisuuden ja reliabiliteetin arvioinnin yhteydessä aineisto on tarkoituksenmukaista esittää kuvion 2 mukaisesti, missä jokaisen tapauksen mittaustulos sijoitetaan yhteen m :stä toisensa poissulkevaan luokkaan.

Kuvio 2: Luokkamuuttujan validisuus ja reliabiliteetti

		2. mittaus		yht. n_{ij} = tapauksien lukumäärä, jotka sijoittuvat luokkaan i 1. kerralla ja luokkaan j 2. kerralla
		1 ... m		
1. mittaus	1	$n_{11} \dots n_{1m}$		
	:	:		
	:	:		
	:	:		
1. mittaus	m	$n_{m1} \dots n_{mm}$		$n_{m.}$
	yht.	$n_{.1} \dots n_{.m}$		$n_{..}$

Kuviossa $n_{11} + \dots + n_{mm}$ tapauksella on sama tulos molemmilla mittauskerroilla ja eri tulos muilla kerroilla.

Tässä käytetään sekä validisuuden että reliabiliteetin mittareina reliabiliteettitunnuslukua kappa (H). Perinteellisiä validisuustunnuslukuja ei ole käytetty koska referenssi ei täydellisesti yhdy todelliseen tilanteeseen. Kappalukua muodostettaessa lähdetään siitä tosiasiasta, että diagonaalilla havaituista yhteisistä tapauksista osa on sattuman aiheuttamia. Kappa kirjoitetaan muotoon

$$(9) \quad H = \frac{PO - PC}{1 - PC}, \text{ missä}$$

PO = havaittu suhde yhteisiä tapauksia

PC = odotettu suhde sattuman aiheuttamia yhteisiä tapauksia

Havaitut yhteiset tapaukset voidaan kirjoittaa

$$(10) \quad PO = \frac{1}{n_{..}} \sum_{i=1}^m n_{ii}$$

$$(11) \quad PC = \frac{1}{n_{..}^2} \sum_{i=1}^m n_{i.} \cdot n_{.i}$$

Näin kappa saa muodon

$$(12) \quad H = \frac{n_{..} \sum n_{ii} - \sum n_{i.} \cdot n_{.i}}{n_{..}^2 - \sum n_{i.} \cdot n_{.i}}$$

Kappaluvun varianssi on johdettavissa. Isoilla lukumäärillä ($n_{..}$) kappa on aproksimatiivisesti normaalijakautunut. Voidaan siis testata kahden riippumattoman kappaluvun merkitsevyyttä.

Kappaluku vaihtelee tavallisesti nollan ja yhden välillä.

Kun $H = 0$, niin yhtäpitävyys on sattuman aiheuttama.

Kun $H > 0$, niin yhtäpitävyys on sattumaa suurempi ja

kun $H = 1$, niin yhtäpitävyys on täydellinen. On osoitettavissa että kappaluvun (H) ja jatkuvissa muuttujissa käytetyn reliabiliteettiluvun (R) tulkinta on sama.

5. Tulokset

Seuraavassa tulokset on esitetty tietolajeittain seuraavassa järjestyksessä:

5. 1 Tieosan pituus
5. 2 Mäkisyys
5. 3 Kaarteisuus
5. 4 Näkemät
5. 5 Kunta
5. 6 Ajoradan päällyste
5. 7 Valaistus
5. 8 Ajoradan leveys
5. 9 Rautatietasoristeys
5. 10 Silta
5. 11 Liittymä

5.1 Tieosan pituus

Tarkasteltiin tieosakohtaisia pituuksia. Tiererekisterissä esiintyviä tieosien pituuksia on verrattu referenssimittauksissa saatuihin tieosien pituuksiin kuviossa 3. Referenssimittauksissa saatuja tieosien pituuksia on verrattu keskenään kuviossa 4. Vertailuissa muodostetut tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2: Tieosan pituus

Mittaus	Tunnusluku						
	N	\bar{x}	SD	a	b	CV	R
Taso							
Referenssi 1	110	4 618	1 777	0	1.000	0.002	1.000
Tiererekisteri		4 619	1 778				
Toisto							
Referenssi 1	109	4 593	1 765	0.3	0.998	0.003	1.000
Referenssi 2		4 583	1 761				

N = tieosien lukumäärä

\bar{x} = keskiarvo

SD = standardipoikkeama

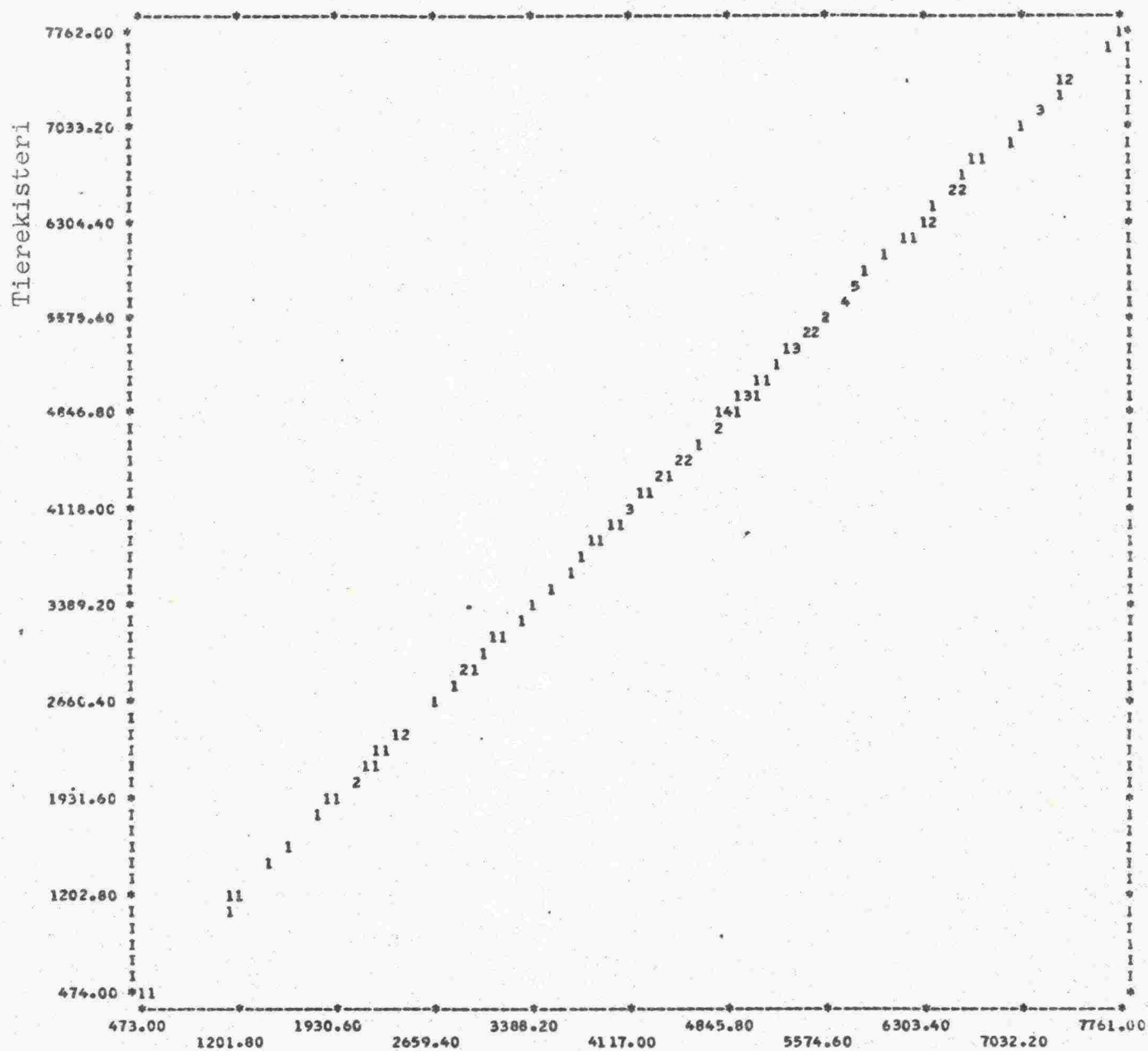
a, b = regressiosuoran parametrit

CV = vaihtelukerroin

R = reliabiliteettikerroin

Todetaan, ettei tiererekisterin tieosapituuksien ja referenssimittauksessa mitattujen tieosapituuksien välillä ole tilastollisesti merkitseviä eroja. Ensimmäisen ja toisen referenssimittauksen välillä on tapahtunut systemaattinen muutos siten, että toisella kerralla on mitattu keskimäärin 10 m (0.2 %) lyhyempiä tieosia kuin ensimmäisellä kerralla. Syynä tasoeroon lienee se, että mittausauton renkaat jouduttiin vaihtamaan toisen referenssimittauksen aikana. Tästä johtunee myöskin se, että toistettavuuden vaihtelukerroin on suurempi (0.003) kuin tiererekisterin ja referenssimittauksen välinen vaihtelukerroin (0.002).

Kuvio 3: Tasoerot tieosan pituudessa tierekisterin ja referenssimittauksen välillä



Referenssimittaus 1

5.2 Mäkisyys

Tarkasteltiin tieosakohtaisia mäkisyyslukuja. Tieräkisterissä esiintyviä mäkisyyslukuja on verrattu referenssimittauksessa havaittuihin mäkisyyslukuihin kuviossa 5.

Referenssimittauksissa havaittuja mäkisyyslukuja on verrattu keskenään kuviossa 6. Vertailuissa muodostetut tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3: Mäkisyysluku

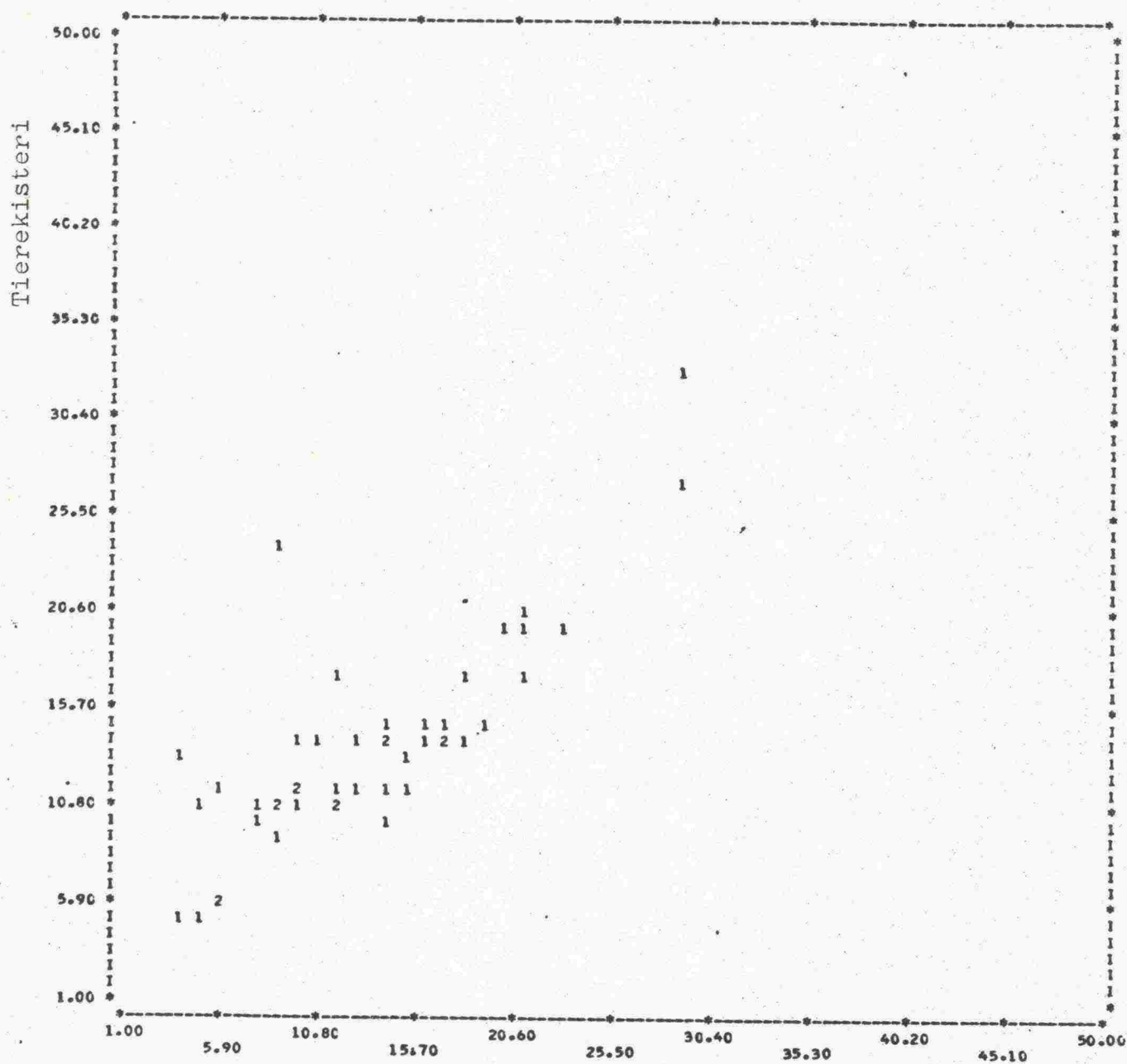
Mittaus	Tunnusluku						
	N	\bar{x}	SD	a	b	CV	R
Taso							
Referenssi 1	46	13.4	6.0	0	1.000	0.191	0.795
Tierekisteri		13.9	5.3				
Toisto							
Referenssi 1	109	17.4	8.0	0	1.000	0.087	0.963
Referenssi 2		17.1	7.8				

Todetaan, ettei tilastollisesti merkitseviä tasoeroja esiinny tieräkisterin ja referenssimittauksen välillä. Referenssimittaukskertojen välillä ei myöskään esiinny tilastollisesti merkitseviä tasoeroja. Todetaan kuitenkin, että tieräkisterin ja referenssimittauksen keskiarvojen välinen erotus on kaksi kertaa suurempi kuin referenssimittaukskertojen keskiarvojen välinen erotus. Referenssimittaukskertojen välinen R-arvo on 0,963 sekä tieräkisterin ja referenssin välinen vastaava arvo 0.795. Tämä viittaa siihen, että tieräkisterin ja referenssin välillä esiintyy huomattavasti enemmän satunnaisvaihtelua kuin referenssien välillä, eli tieräkisterimittauksen aikana mittautapa vaihtelee.

5.3 Kaarteisuus

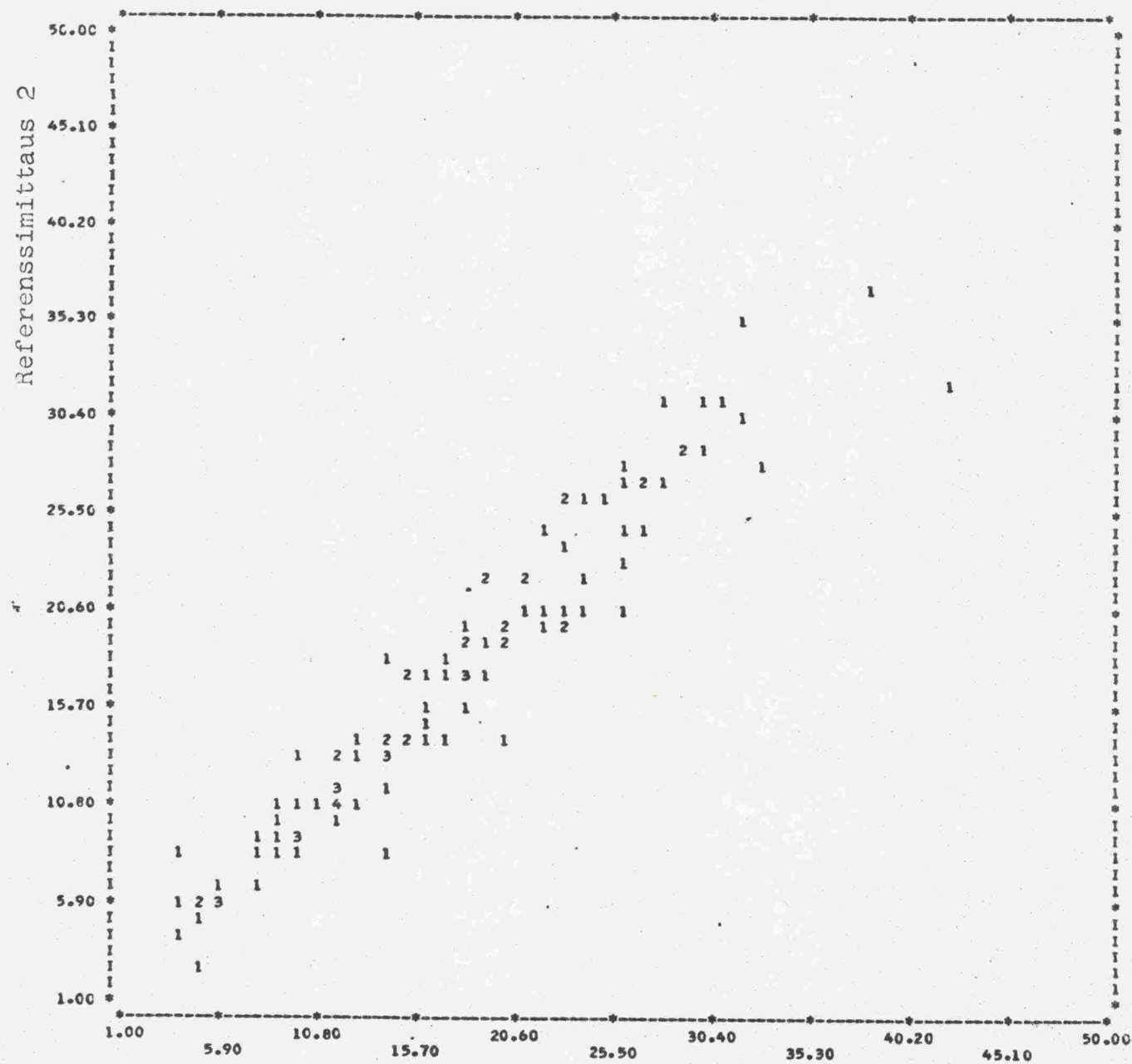
Tarkasteltiin tieosakohtaisia kaarteisuuslukuja. Tieräkisterissä

Kuvio 5: Tasoerot mäkisyysluvussa tierekisterin
ja referenssimittauksen välillä



Referenssimittaus 1

Kuvio 6: Mäkisyysluvun toistettavuus



Referenssimittaus 1

esiintyvät kaarteisuusluvut on verrattu referenssimittauksessa havaittuihin kaarteisuuslukuihin kuviossa 7.

Referenssimittauksissa havaittuja kaarteisuuslukuja on verrattu keskenään kuviossa 8. Vertailussa muodostetut tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4: Kaarteisuusluku

Mittaus	Tunnusluku						
	N	\bar{x}	SD	a	b	R	R_k
Taso							
Referenssi 1	74	66.0	47.4	-7.8	1.257	0.945	0.968
Tierekisteri		75.2	58.9				
Toisto							
Referenssi 1	109	69.0	49.4	0	1	0.048	0.996
Referenssi 2		69.0	49.0				

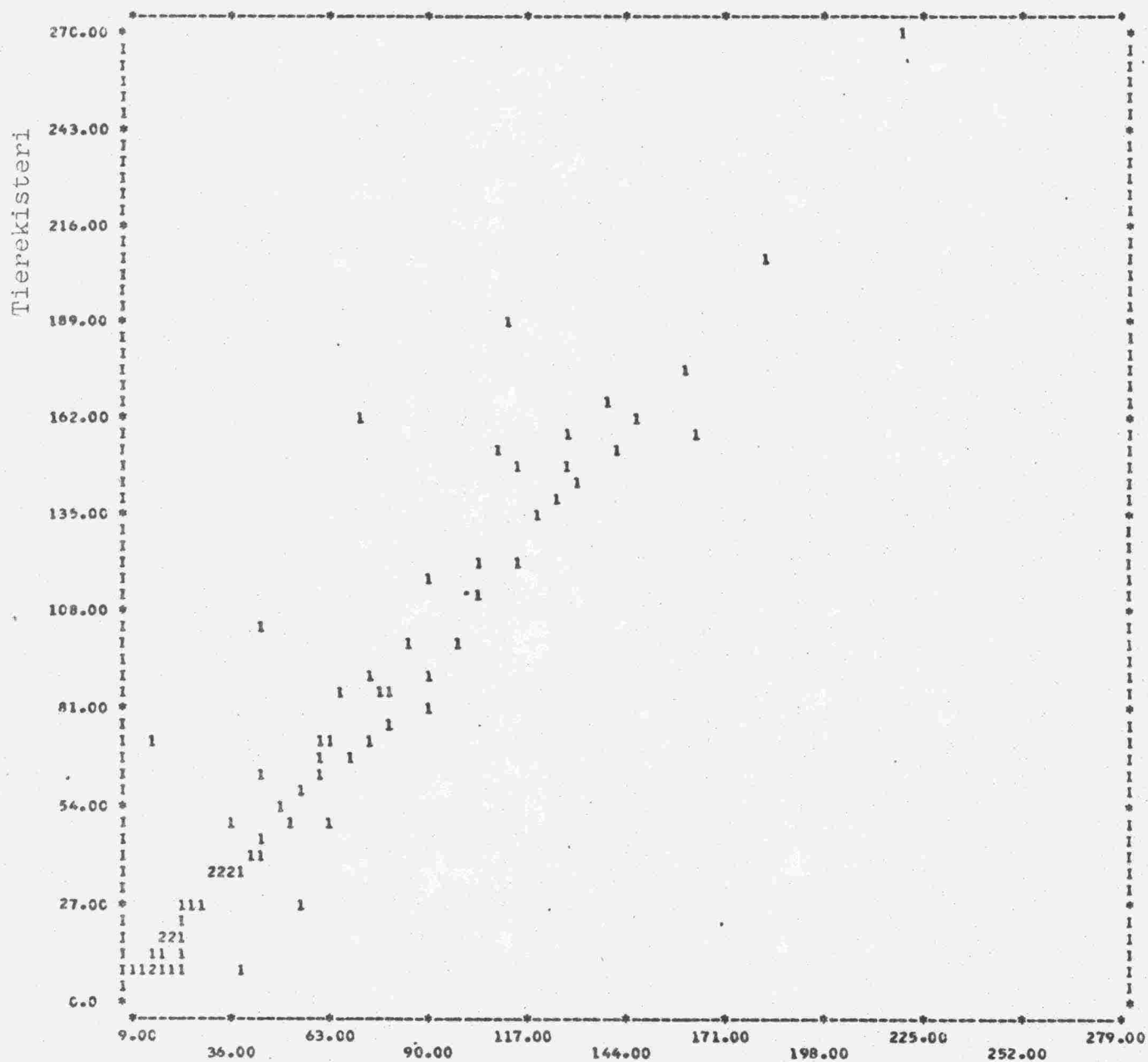
R_k = tasokorjattu relialibiteettikerroin

Todetaan, että tierekisterissä esiintyvien kaarteisuuslukujen taso on runsaat 20 % korkeampi kuin referenssimittauksessa havaittu taso. Tämä ero on tilastollisesti merkitsevä. Tasoeron syynä on joko se, että referenssimittauksen yhteydessä eräät kaarteet ovat jääneet havaitsematta tai jommalla kummalla mittauksella on esiintynyt mittarivirhettä. Se seikka, ettei referenssimittausten välillä esiinny tilastollisesti merkitseviä eroja kaarteisuusluvuissa viittaa siihen, että kysymyksessä olisi mittarivirhe. Kun havaittu tasoero tierekisterin ja referenssimittauksen välillä korjataan, muuttuu R-luku 0.945:stä 0.968:aan. Referenssimittausten välinen vastaava arvo on 0.996. Tästä voidaan päätellä, että tierekisterimittauksen aikana mittaustapa vaihtelee.

5.4 Näkemät

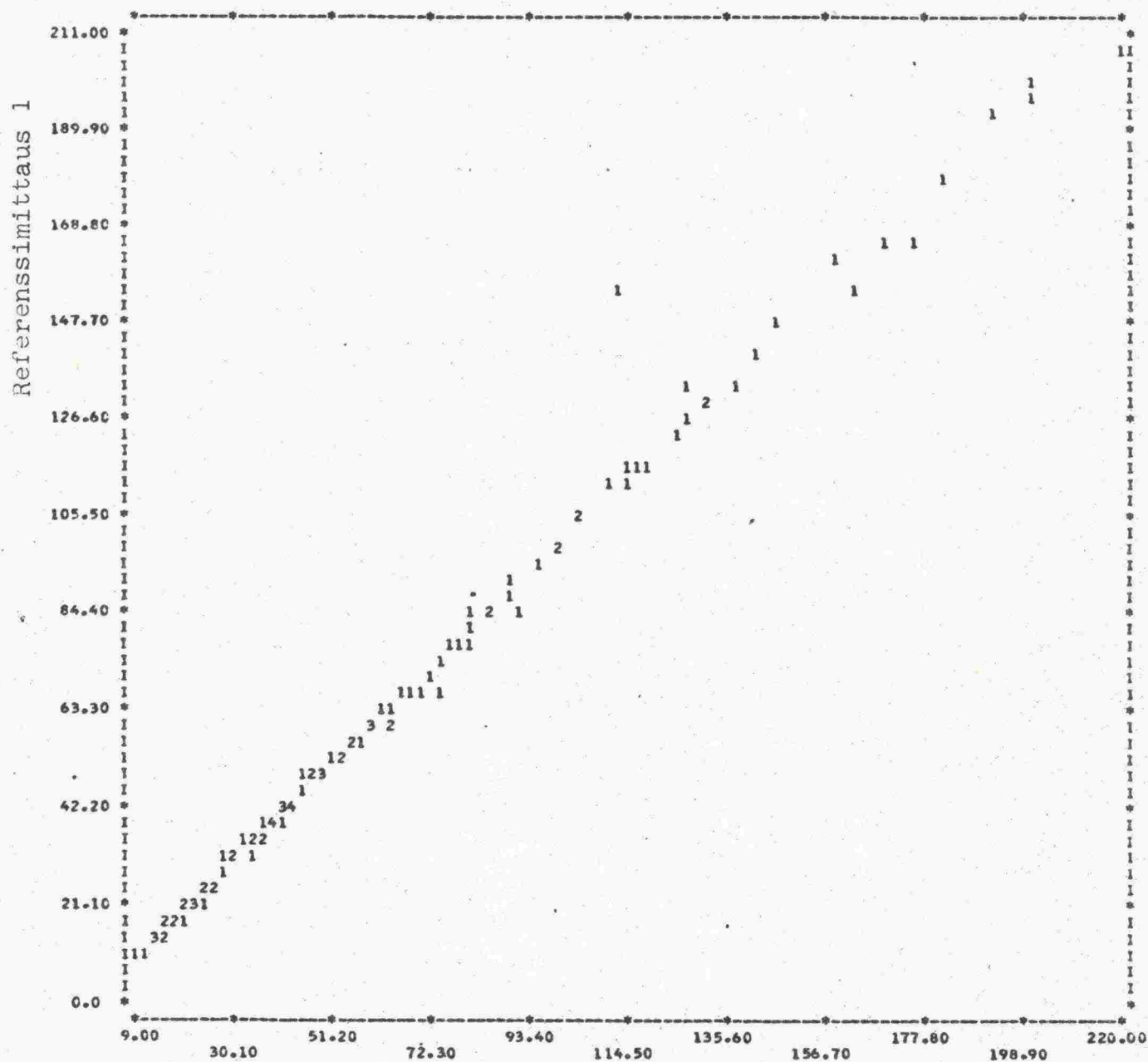
Tarkasteltiin tieosakohtaisia näkemäprosentteja yli 150 m, 300 m

Kuvio 7: Tasoerot kaarteisuusluvussa tierekisterin ja referenssimittauksen välillä



Referenssimittaus 1

Kuvio 8: Kaarteisuusluvun toistettavuus



Referenssimittaus 1

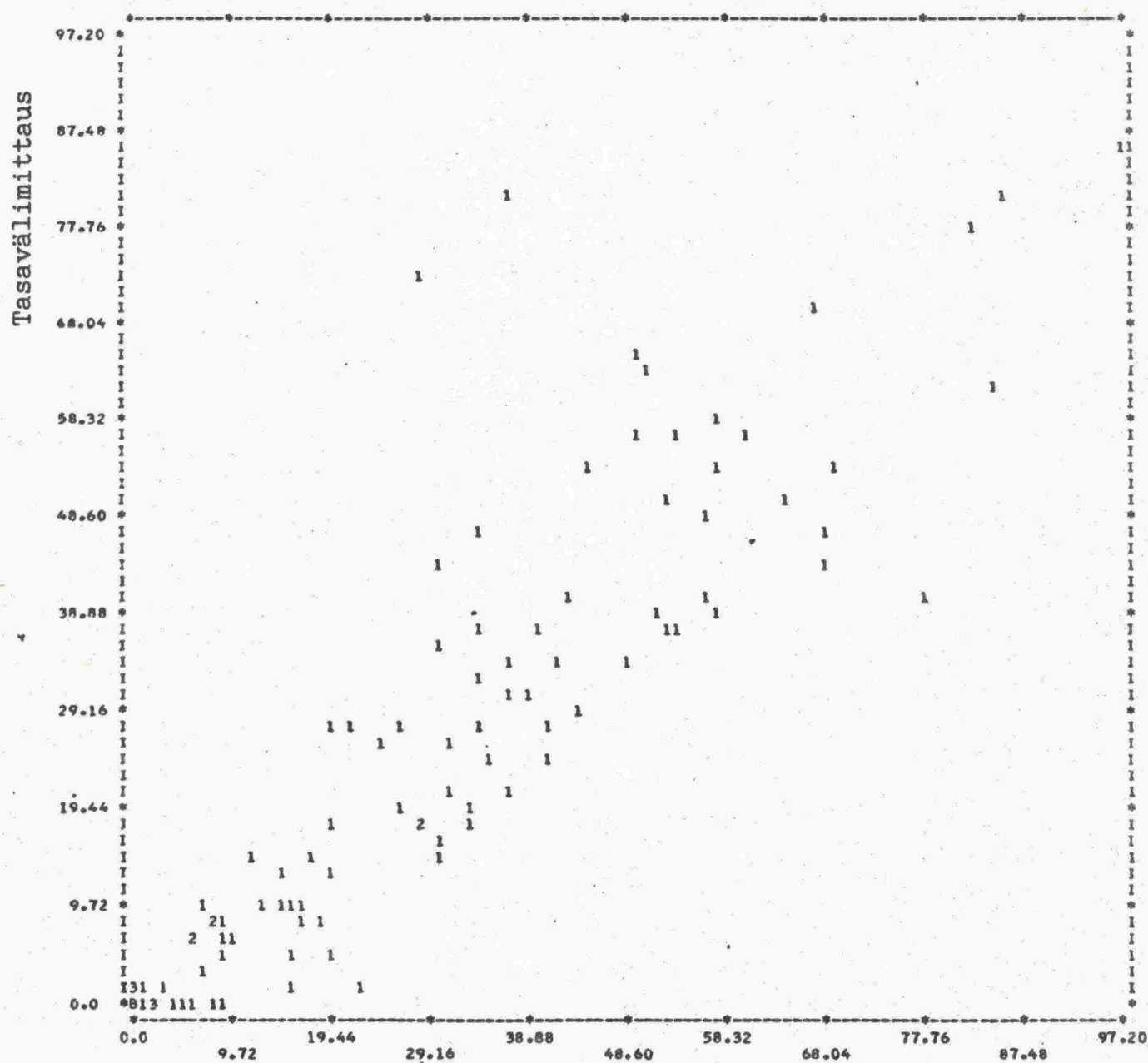
ja 460 m. Tierekisterimenetelmällä havaittuja näkemäprosentteja on verrattu tasavälimittauksessa saatuihin näkemäprosentteihin kuvioissa 9, 11 ja 13. Tierekisterimenetelmällä havaittuja näkemäprosentteja on verrattu keskenään kuvioissa 10, 12 ja 14. Vertailuissa muodostetut tilastolliset tunnusluvut ovat esitetyt taulukossa 5. Esimerkkejä näkemäprofiileista on liitteessä 2.

Taulukko 5: Näkemäprosentti

Mittaus	Tunnusluku							
	N	\bar{x}	SD	a	b	CV	R	R_k
=====								
460 m, Taso								
Normaalimitt. 1	124	24.5	24.1	0	0.899	0.309	0.897	0.906
Tasavälimitt.		21.0	22.9					
460 m, Toisto								
Normaalimitt. 1	124	24.5	24.1	0	0.895	0.332	0.877	0.888
Normaalimitt. 2		21.6	22.3					
300 m, Taso								
Normaalimitt. 1	124	47.7	33.2	-4.3	1.000	0.141	0.959	0.967
Tasavälimitt.		43.3	33.7					
300 m, Toisto								
Normaalimitt. 1	124	47.7	33.2	-3.0	1.000	0.140	0.960	0.963
Normaalimitt. 2		44.6	33.3					
150 m, Taso								
Normaalimitt. 1	124	81.1	22.6	-11.5	1.110	0.060	0.958	0.969
Tasavälimitt.		78.4	25.0					
150 m, Toisto								
Normaalimitt. 1	124	81.1	22.6	-6.3	1.055	0.053	0.966	0.970
Normaalimitt. 2		79.2	23.8					
=====								

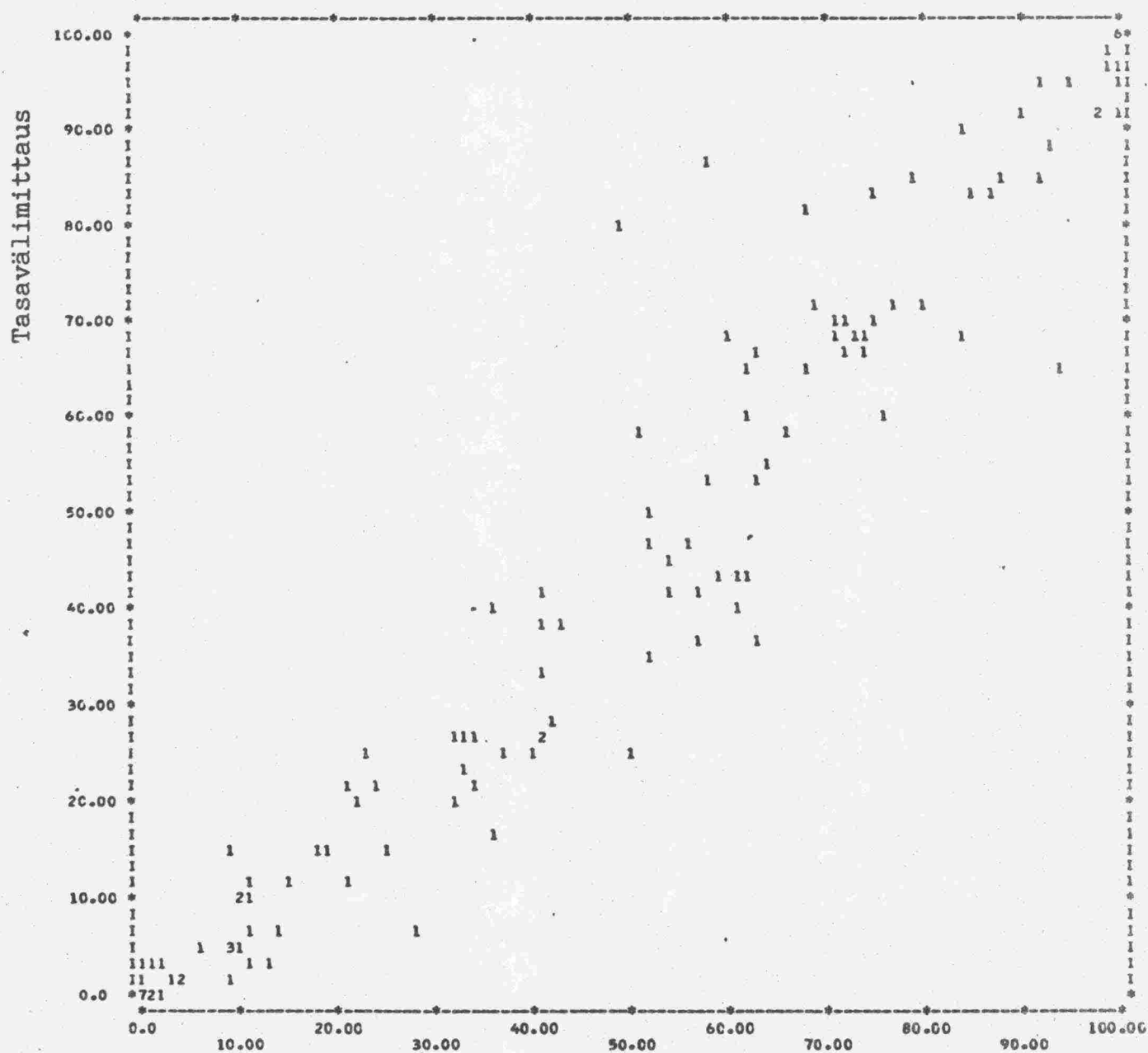
Todetaan, että normaalimittauksen ja tasavälimittauksen välillä on tilastollisesti merkitseviä tasoeroja kaikilla kolmella etäisyydel-

Kuvio 9: Tasoterot näkemäprosentteissa (460 m) normaalimittauksen ja tasovälimittauksen välillä



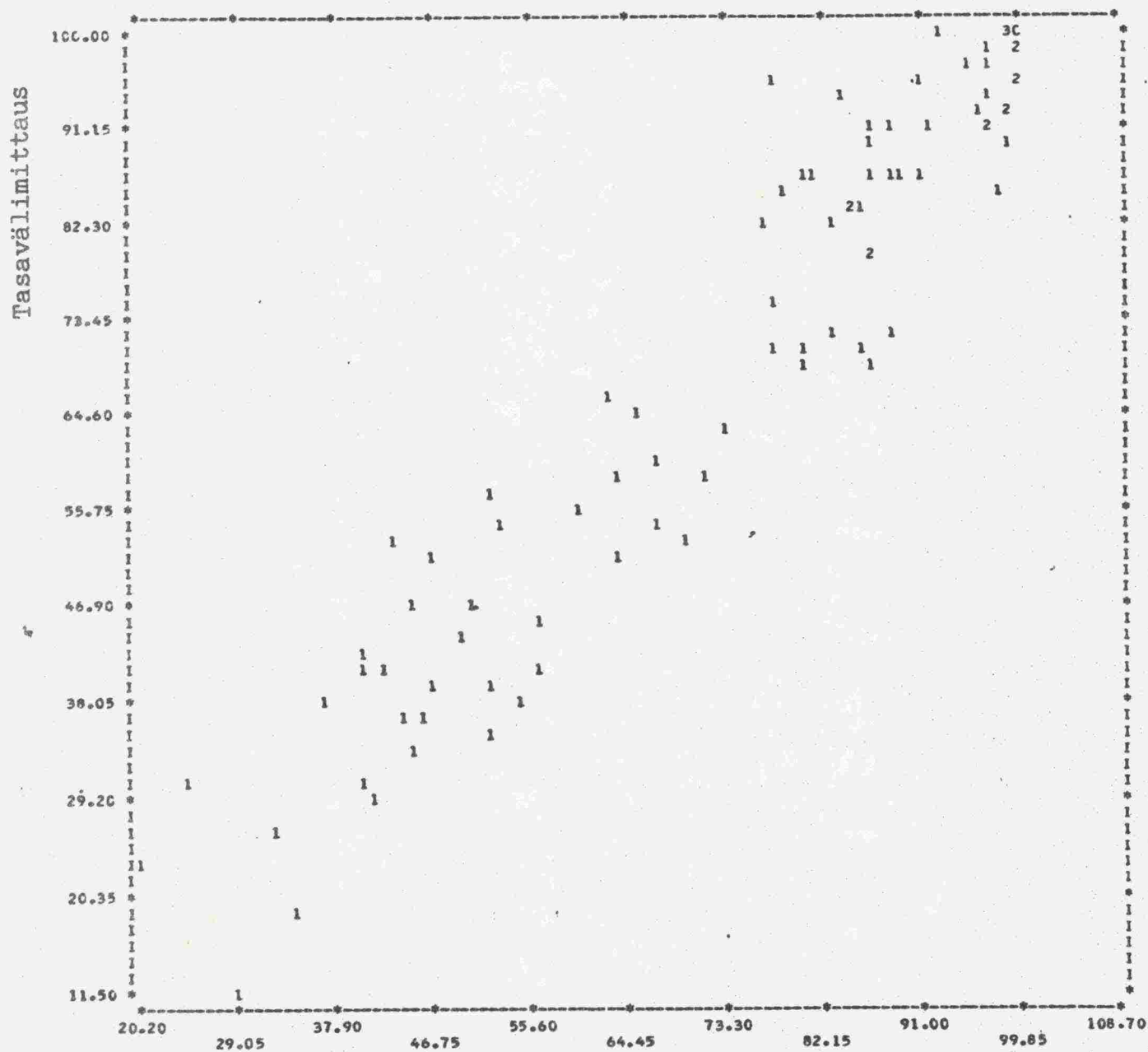
Normaalimittaus 1

Kuvio 11: Tasoerot näkemäprosentteissa (300 m)
normaalimittauksen ja tasomittauksen
välillä



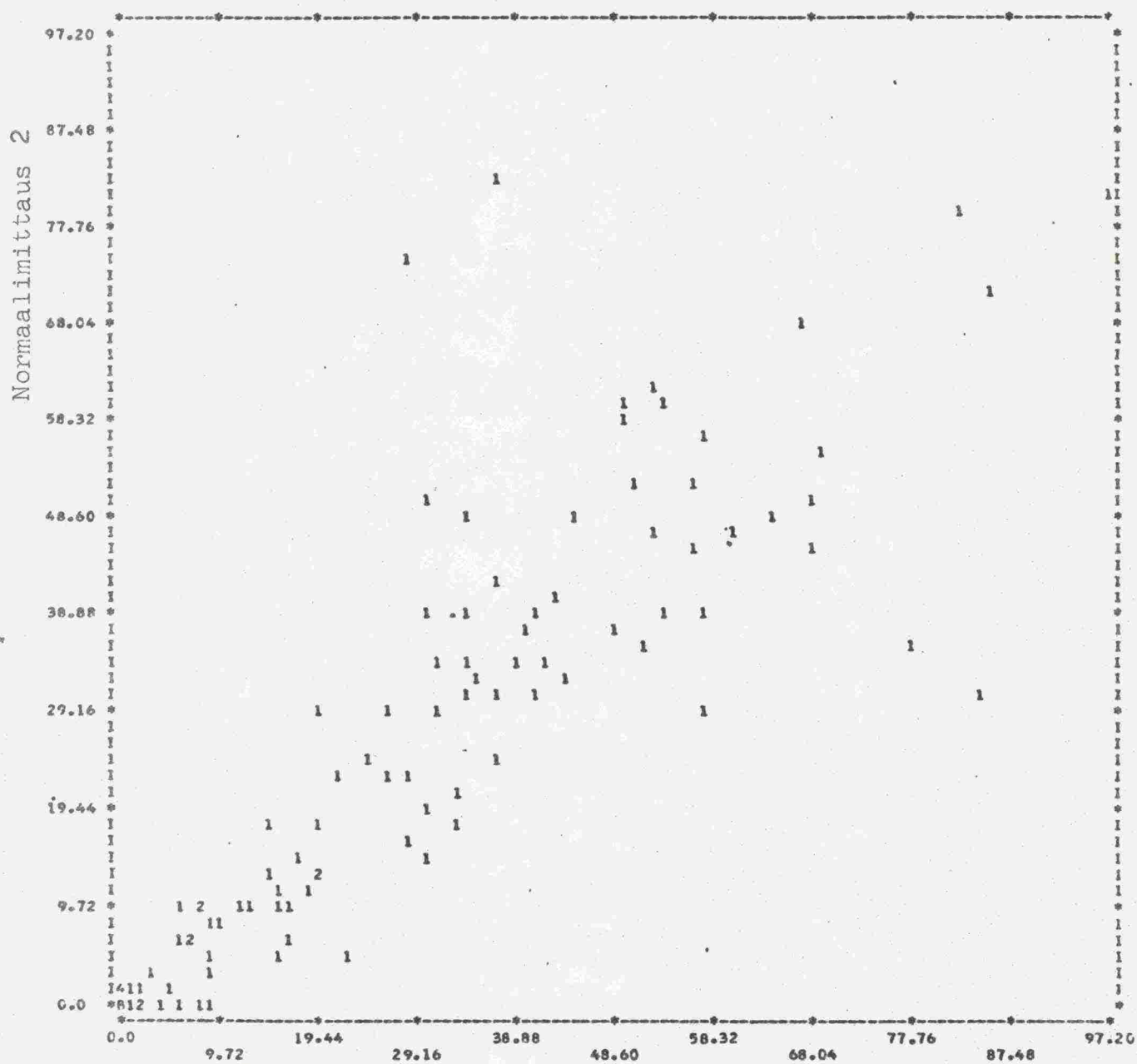
Normaalimitäus 1

Kuvio 13: Tasoerot näkemäprosentteissa (150 m)
normaalimittauksen ja tasovälimittauksen
välillä

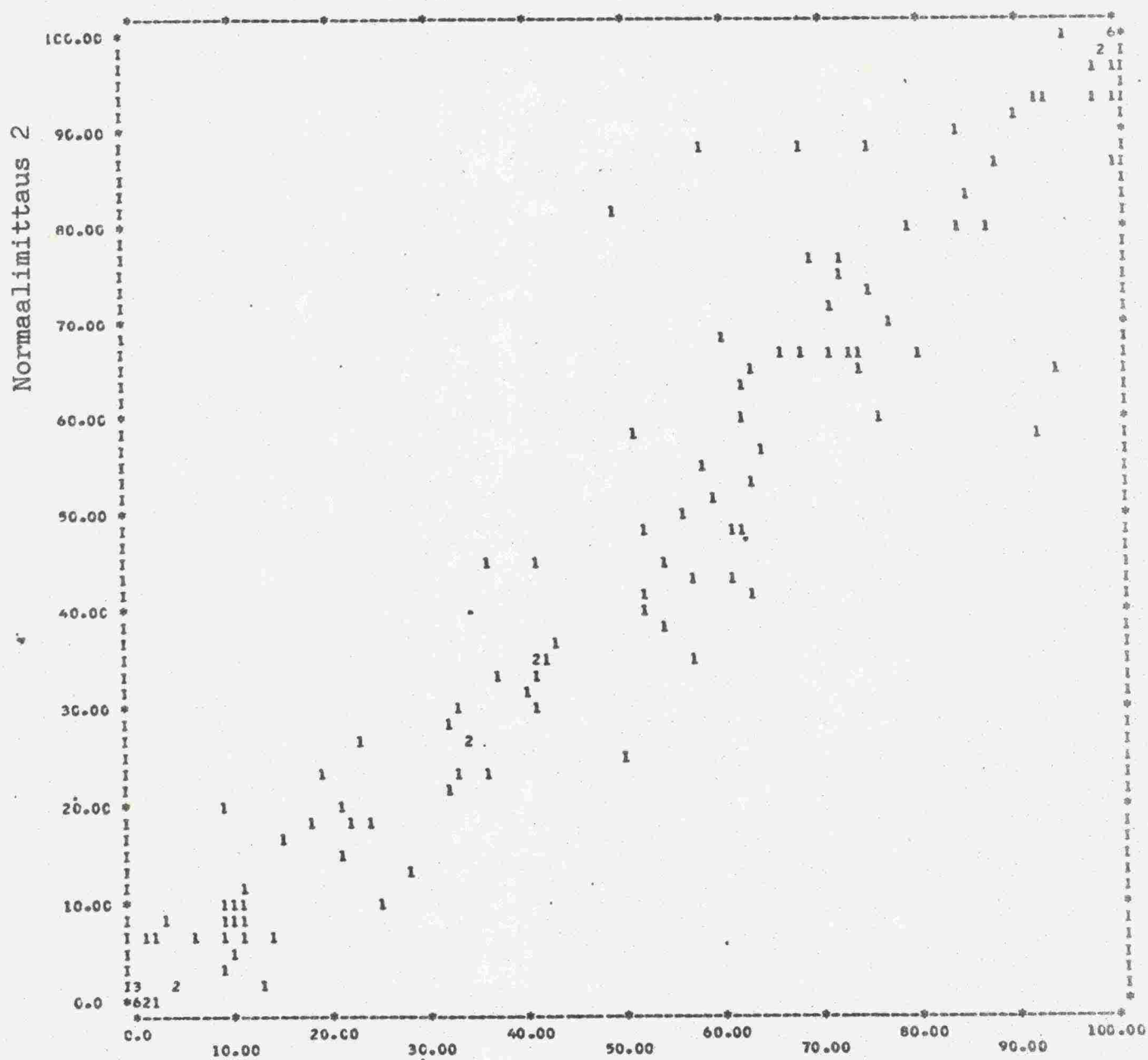


Normaalimittaus 1

Kuvio 10: Näkemäprosenttien (460) toistettavuus

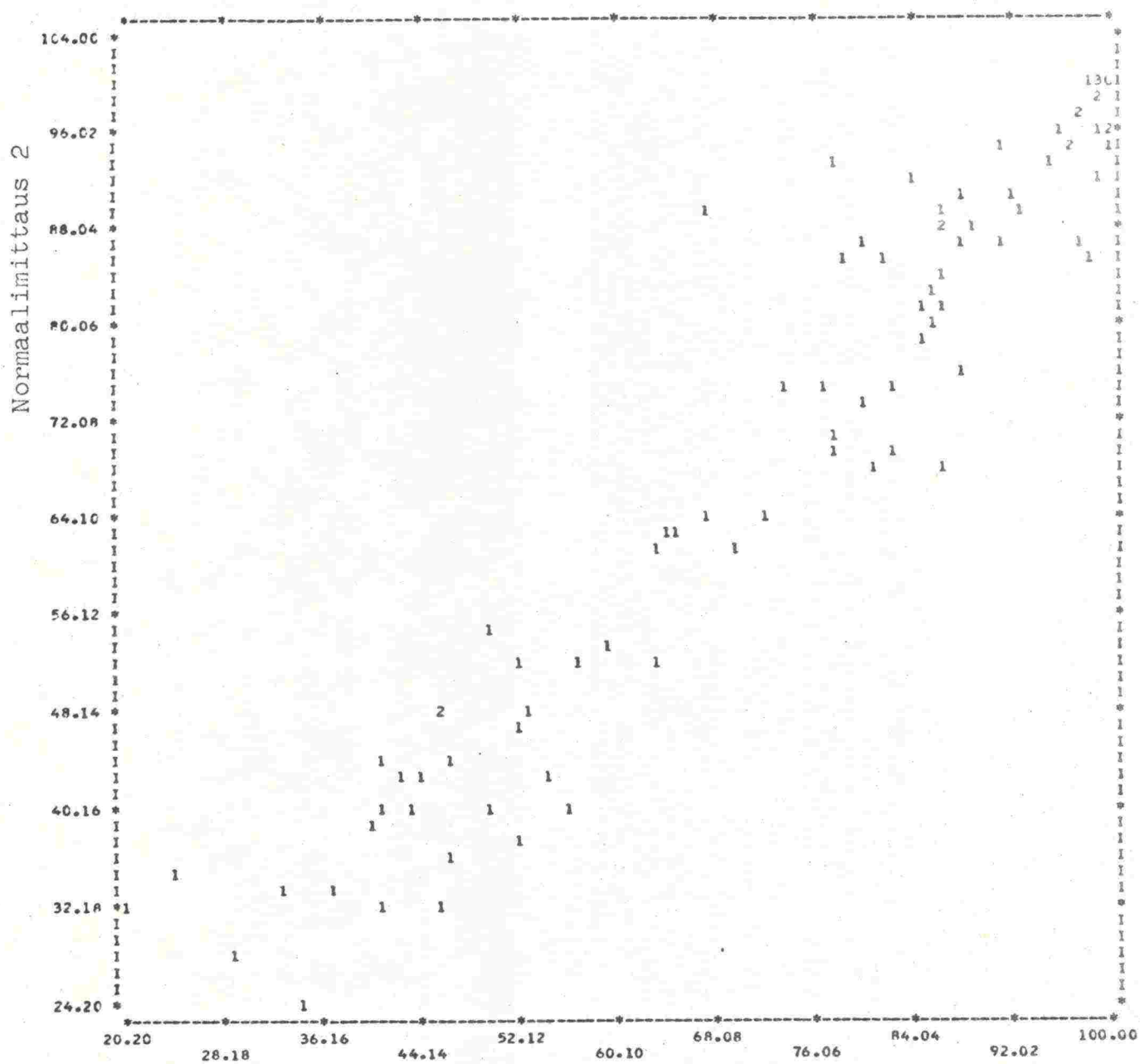


Kuvio 12: Näkemäprosenttien (300 m) toistettavuus



Normaalimittaus 1

Kuvio 14: Näkemäprosenttien (150 m) toistettavuus



Normaalimittaus 1

lä yli 150 m, 300 m ja 460 m. Ero on suhteellisesti suurin etäisyydellä 460 m (14.3 %) seuraavaksi suurin etäisyydellä 300 m (9.2 %) ja pienin etäisyydellä 150 m (3.2 %). Tasokorjauksen jälkeen jäävä mittausten välinen satunnaisvirhe noudattaa samaa järjestystä kuin tasoero siten että virhe on suurin etäisyydellä 460 m ($CV = 0.295$), toiseksi suurin etäisyydellä 300 m ($CV = 0.127$) ja pienin etäisyydellä 150 m ($CV = 0.052$).

Normaalimittauksen ensimmäisen ja toisen mittauskerran väliset tasoerot ovat samansuuntaiset kuin normaali- ja tasavälimittauksen välillä. Tasokorjauksen jälkeen jäävä satunnaisvirhe on samoin suurin etäisyydellä 460 m ($CV = 0.318$), toiseksi suurin etäisyydellä 300 m ($CV = 0.133$) ja pienin etäisyydellä 150 m ($CV = 0.050$).

Tasoerot normaalimittauksen 1 ja tasavälimittauksen sekä normaalimittausten 1. ja 2 välillä johtuvat osaksi siitä, että normaalimittauksen 1 mittaaaja (kokemattomampi kuin normaalimittauksen 2. mittaaaja) on havainnut pienemmät minimietäisyydet ja isoimmat maksimietäisyydet. Lisäksi tasavälimittaus havaitsee liian suuret minimi- ja liian pienet maksimit johtuen siitä että tasavälin pituus on valittu liian pitkäksi. R-arvot normaalimittauksen 1 ja tasavälimittauksen välillä vaihtelevat 0.897 - 0.959 välillä. Vastaavat normaalimittausten väliset arvot vaihtelevat 0.877 - 0.966 välillä sekä tasavälimittauksen ja normaalimittauksen 2 väliset arvot 0.973 - 0.981 välillä. Tästä voidaan vetää johtopäätös, että mittaaajien välisen eron vaikutus on suurempi kuin mittausmenetelmien välisen eron vaikutus.

5.5 Kunta

Tarkasteltiin kunnan rajan esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti) ja pituusmittauksen yhtäpitävyyttä (molemmilla kerroilla esiintyvien vaihtumiskohtien metrilukemat).

a) Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Kuntaluokituksen vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti on kuvattu kuviossa 15.

Havaitaan että vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti oli sama molemmilla referenssimittauskerroilla ja että kappa (H) näin ollen oli 1. Havaitaan edelleen, että yhtäpitävyys ei ole täydellinen tierekisterin ja referenssimittauksen välillä ($H = 0.930$). Ristiriitaiset tapaukset ovat esitetyt liitteessä 3.

Kuvio 15: Kuntaluokituksen vaihtuminen
(vaihtumiskohtia/tieosa)

Taso

		Referenssi 1			
		0	1	2	yht.
Tierekisteri	0	93	1		94
	1		14		14
	2		1	1	2
yht.		93	16	1	110

$H = 0.930$

Toisto

		Referenssi 1			
		0	1	2	yht.
Referenssi 2	0	93			93
	1		16		16
	2			1	1
yht.		93	16	1	110

$H = 1.000$

b) Pituusmittauksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin molemmilla mittauskerroilla esiintyneet kuntaluokituksen vaihtumiskohdat. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6: Kunnan rajan pituusmittaus

Mittaus	Tunnusluku					
	N	\bar{x}	SD	\bar{x} (ero)	CV	R
Taso						
Referenssimitt. 1		2 593	1 942			
Tierekisteri	10	2 606	1 965	13	0.010	1.000
Toisto						
Referenssimitt. 1		2 463	1 867			
Referenssimitt. 2	11	2 461	1 893	2	0.001	1.000

Havaitaan, että referenssimittauksen ja tierekisterin välillä on n. 0.5 %:n tasoero. Tämä ei ole tilastollisesti merkitsevä. Poikkeama on kuvattu liitteessä 3. Referenssimittauksen toisto ($CV = 0.001$) on parempi kuin tierekisterin ja referenssimittauksen yhtäpitäisyys ($CV = 0.010$). Referenssin toistettavuusvirhe johtuu kokonaisuudessaan tieosan pituusmittausvirheestä, kun sen sijaan tierekisterin ja referenssimittauksen välinen ero tieosan pituusmittausvirheen lisäksi sisältää kunnan rajojen määrittelyssä esiintyvää virhettä.

5.6 Ajoradan päällyste

Tarkasteltiin päällysteen vaihtumiskohtien yhtäpitävyyttä (vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti), päällysteluokituksen yhtäpitävyyttä tieosan sisällä, tieosan pituudella painotetun keskimääräisen päällysteluokan yhtäpitävyyttä ja pituusmittauksen yhtäpitävyyttä.

a) Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Päällysteluokituksen vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti on kuvattu kuviossa 16.

Kuvio 16: Päällysteluokituksen vaihtuminen (vaihtumiskohtia/tieosa)

Taso

		Referenssi 1			
		0	1	2	yht.
Tierekisteri	0	89	4		93
	1	2	14		16
	2			1	1
yht.		91	18	1	110

$$H = 0.803$$

Toisto

		Referenssi 1			
		0	1	2	yht.
Referenssi	0	93			93
	1		16		16
	2			1	1
yht.		93	16	1	110

$$H = 1.000$$

Havaitaan, että vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti oli sama molempina referenssimittauskertoina ($H = 1.000$). Yhtäpitävyys referenssimittauksen ja tierekisterin välillä ei ollut täydellinen ($H = 0.803$).

b) Luokituksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin luokituksen yhtäpitävyyttä tieosan sisällä huomioimatta mahdollisia pituusmittauksessa tapahtuneita siirtymiä tieosan sisällä. Yhtäpitävyys on esitetty kuviossa 17.

Kuvio 17: Päällysteluokituksen yhtäpitävyys

Taso

Referenssi 1

		10	20	30	yht.	
Tierekisteri	10	38	4	0	42	$H = 0.903$
	20	2	58	1	61	
	30	0	1	27	28	
	yht.	40	63	28	131	

Toisto

Referenssi 1

		10	20	30	yht.	
Referenssi 2	10	40			40	$H = 1.000$
	20		61		61	
	30			28	28	
	yht.	40	61	28	129	

Havaitaan, että yhtäpitävyys referenssikertojen välillä on täydellinen ($H = 1.000$). Tierekisterin ja referenssin välinen yhtäpitävyys ei sen sijaan ole täydellinen ($H = 0.903$).

Poikkeamat ovat kuvatut liitteessä 4. Havaituista ristiriidoista n. 66 % ovat tilanteita, joissa päällyste vaihtuu referenssimittauksessa, mutta ei tierekisterissä.

c) Tieosan keskimääräisen päällysteluokan yhtäpitävyys

Tarkasteltiin tieosakohtaisia päällystekeskiarvoja. Tierekisterissä esiintyviä keskiarvoja on verrattu referenssimittauksessa saatuihin keskiarvoihin kuviossa 18. Referenssimittauksissa saadut keskiarvot ovat verratut keskenään kuviossa 19. Vertailuissa muodostettuja tilastollisia tunnuslukuja on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7: Päällystekeskiarvo

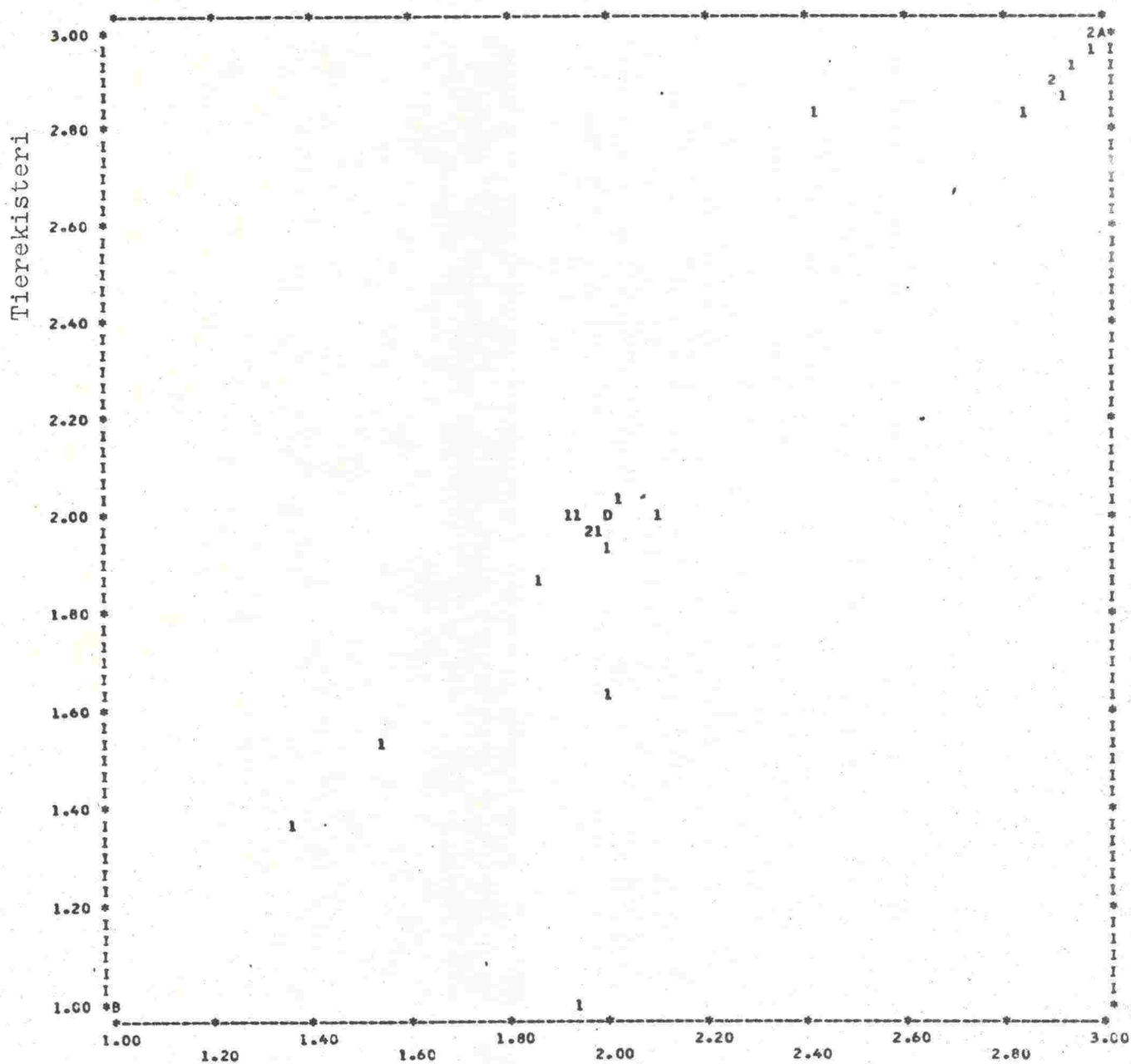
Mittaus	Tunnusluku						
	N	\bar{x}	SD	a	b	CV	R
Taso							
Referenssimittaus 1		19.7	7.1				
	109			0	1	0.012	0.988
Tierekisteri		19.6	7.2				
Toisto							
Referenssimittaus 1		19.7	7.1				
	109			0	1	0	1.000
Referenssimittaus 2		19.7	7.1				

Todetaan, että referenssimittauksessa havaittujen keskiarvojen ja tierekisterissä esiintyvien keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitseviä tasoeroja. Referenssimittauksetojen välillä ei myöskään ole havaittavissa eroja. Referenssimittauksetojen välinen R-arvo on 1.000 sekä tierekisterin ja referenssin välinen vastaava arvo on 0.988. Tämä osoittaa, että tierekisterin ja referenssin välillä esiintyy enemmän satunnaisvaihtelua kuin referenssien välillä.

d) Pituusmittauksen yhtäpitävyys

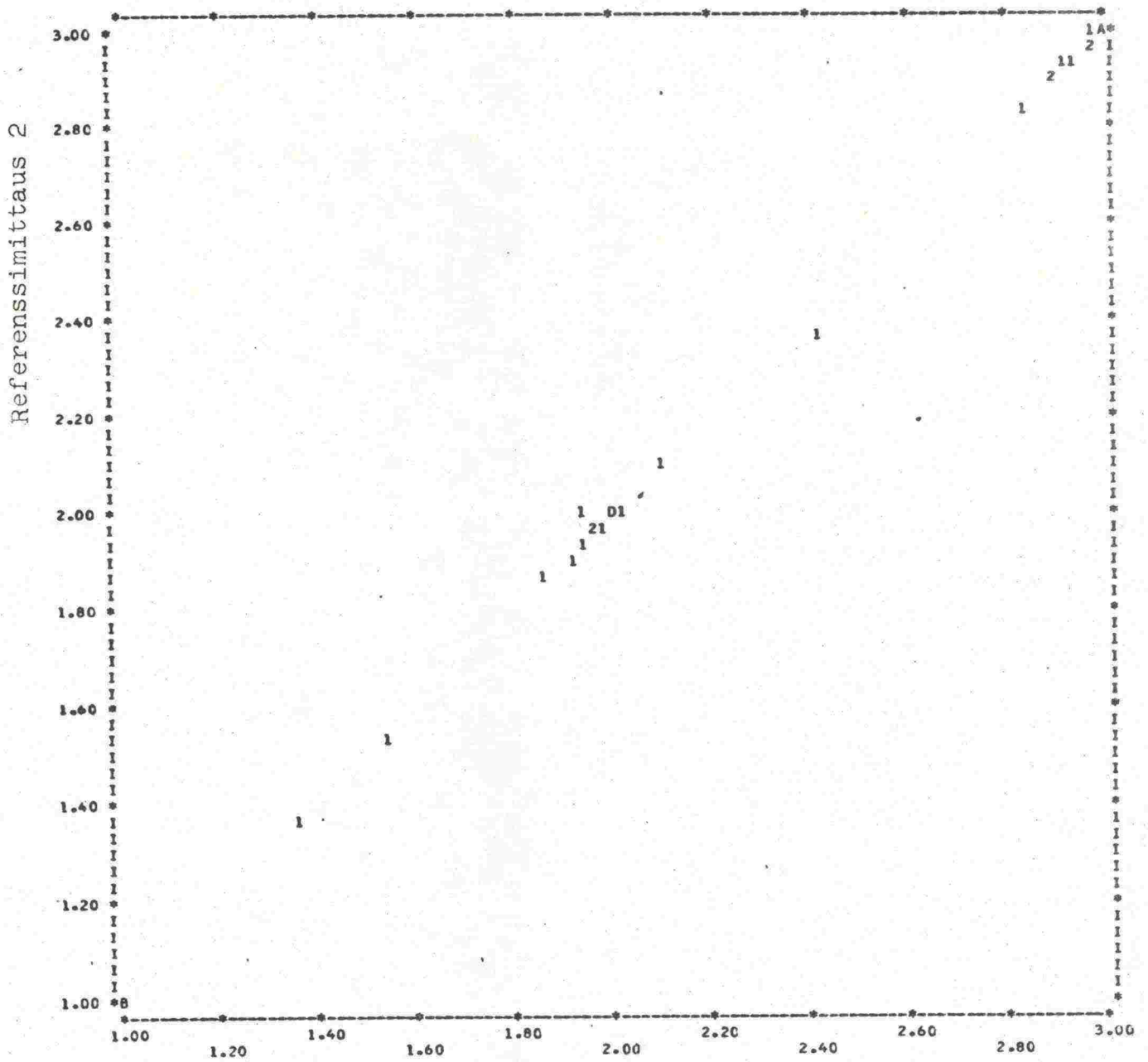
Tarkasteltiin molemmilla mittauskerroilla esiintyneitä päällysteluokituksen vaihtumiskohtia. Tuloksia on esitetty taulukossa 8.

Kuvio 18: Tasoerot tieosakohtaisissa päällystetekeskiarvoissa tierekisterin ja referenssimittauksen välillä



Referenssimittaus 1

Kuvio 19: Tieosakohtaisten päällystetekeskiarvojen
toistettavuus



Referenssimittaus 1

Taulukko 8: Päälysteen pituusmittaus

Mittaus	Tunnusluku					
	N	\bar{x}	SD	\bar{x} (ero)	CV	R
Taso						
Referenssimitt. 1		2 056	2 292			
	16			16	0.018	1.000
Tierekisteri		2 040	2 300			
Toisto						
Referenssimitt. 1		2 056	2 292			
	16			5	0.066	1.000
Referenssimitt. 2		2 051	2 284			

Havaitaan, että referenssimittauksen ja tierekisterin välillä on n. 0.8 % tasoero. Tämä ei ole tilastollisesti merkitsevä. Ero on kuitenkin 3 kertaa suurempi kuin referenssimittauskertojen välinen ero. Suurimmat poikkeamat ovat kuvatut liitteessä 4. Myös referenssimittauksen välinen satunnaisvaihtelu ($CV = 0.006$) on pienempi kuin referenssimittauksen ja tierekisterin välinen satunnaisvaihtelu ($CV = 0.018$). Ero vaihtelukertoimien välillä johtuu kuitenkin muutamista mittausarvoista. Jos ne kaksi havaintoa jotka eri mitauskerroilla eniten poikkeavat toisistaan poistetaan aineistosta, niin vaihtelukertoimien välinen ero häviää.

5.7 Valaistus

Tarkasteltiin valaistuksen alkamis- ja päättymiskohtien esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (pisteiden lukumäärä tieosaa kohti), sekä pituusmittauksen yhtäpitävyyttä.

a) Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Valaistuksen alku- ja loppupisteiden lukumäärä tieosaa kohti on kuvattu kuviossa 20.

Kuvio 20: Valaistuksen vaihtuminen (piste/tieosa)

Taso

Referenssi 1

Tierekisteri

	0	1	yht.
0	100	0	100
1	1	9	10
yht.	101	9	100

$H = 0.942$

Toisto

Referenssi 1

Referenssi 2

	0	1	yht.
0	101	0	101
1	0	9	9
yht.	101	9	110

$H = 1.000$

Havaitaan, että alkamis- ja päättymiskohtien lukumäärä tieosaa kohti oli sama molemmilla referenssimittauskerroilla. Kappa oli näin ollen 1. Yhtäpitävyys tierekisterin ja referenssin välillä ei kuitenkaan ollut täydellinen ($H = 0.942$). Empiirinen tilanne on kuvattu liitteessä 5.

b) Pituusmittauksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin molemmilla mittauskerroilla havaittujen valaistuksen alku- ja loppupisteiden etäisyyslukemia. Tuloksia on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8: Valaistuksen pituusmittaus

Mittaus	Tunnusluku					
	N	\bar{x}	SD	\bar{x} (ero)	CV	R
Taso						
Referenssimitt.1		1 312	1 000			
	9			-56	0.057	0.994
Tierekisteri		1 367	961			
Toisto						
Referenssimitt. 1		1 312	1 000			
	9			-35	0.062	0.994
Referenssimitt. 2		1 347	1 098			

Havaitaan, että referenssimittauksen ja tierekisterin välillä on n. 4.2 %:n tasoero. Referenssimittauskertojen välinen tasoero on n. 2.7 %. Tierekisterin ja referenssin välinen satunnaisvaihtelu ($CV = 0.057$) on suurempi kuin vastaava pelkkä tieosan pituusmittausvirhe ($CV = 0.002$). Samoin referenssien välinen satunnaisvaihtelu ($CV = 0.062$) on suurempi kuin vastaava pelkkä tieosan pituusmittausvirhe ($CV = 0.003$). Liitteestä 5 havaitaan, että erot referenssimittauksen ja tierekisterin välillä johtuvat vaihtumiskohtien ristiriitaisesta määrittelystä kahdella tieosalla. Erot referenssimittauskertojen välillä johtuvat vaihtumiskohtien ristiriitaisesta määrittelystä yhdellä tieosalla. Kun nämä virheet jätetään huomioimatta, niin satunnaisvaihtelu pienenee, mutta on edelleen suurempi kuin tieosan pituusmittausvirhe. Tämä viittaa siihen, että valaistuksen alkamis- ja päättymispisteiden määrittelyssä on epätarkkuutta.

5.8 Ajoradan leveys

Tarkasteltiin leveysluokituksen vaihtumiskohtien esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti) sekä tieosan keskimääräistä leveysluokkaa.

a) Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Leveysluokituksen vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti on kuvattu kuviossa 21.

Kuvio 21: Leveysluokituksen vaihtuminen (vaihtumiskohta/tieosa)

Taso	Referenssi 1						yht.
	0	1	2	3	4	5	
Tierekisteri	0	44	15	2			61
	1	12	18	2	1		33
	2	4	6				10
	3		2	2			4
	4						0
	5		2				2
yht.	60	43	6	1	0	0	110

$H = 0.241$

Toisto

Referenssi 1

		0	1	2	3	4	5	yht.	
Referenssi 2	0	58	5					63	H = 0.867
	1	2	37					39	
	2		1	6				7	
	3				1			1	
	4							0	
	5							0	
	yht.	60	43	6	1	0	0	110	

Todettiin, että tierekisterissä on enemmän vaihtumiskohtia, kuin mitä referenssimittauksessa on havaittu ($P < 0.05$). Yhtäpitävyys tierekisterin ja referenssin välillä on suhteellisen alhainen ($H = 0.241$). Referenssimittausten välinen yhtäpitävyys on tilastollisesti merkitsevästi parempi ($H = 0.867$).

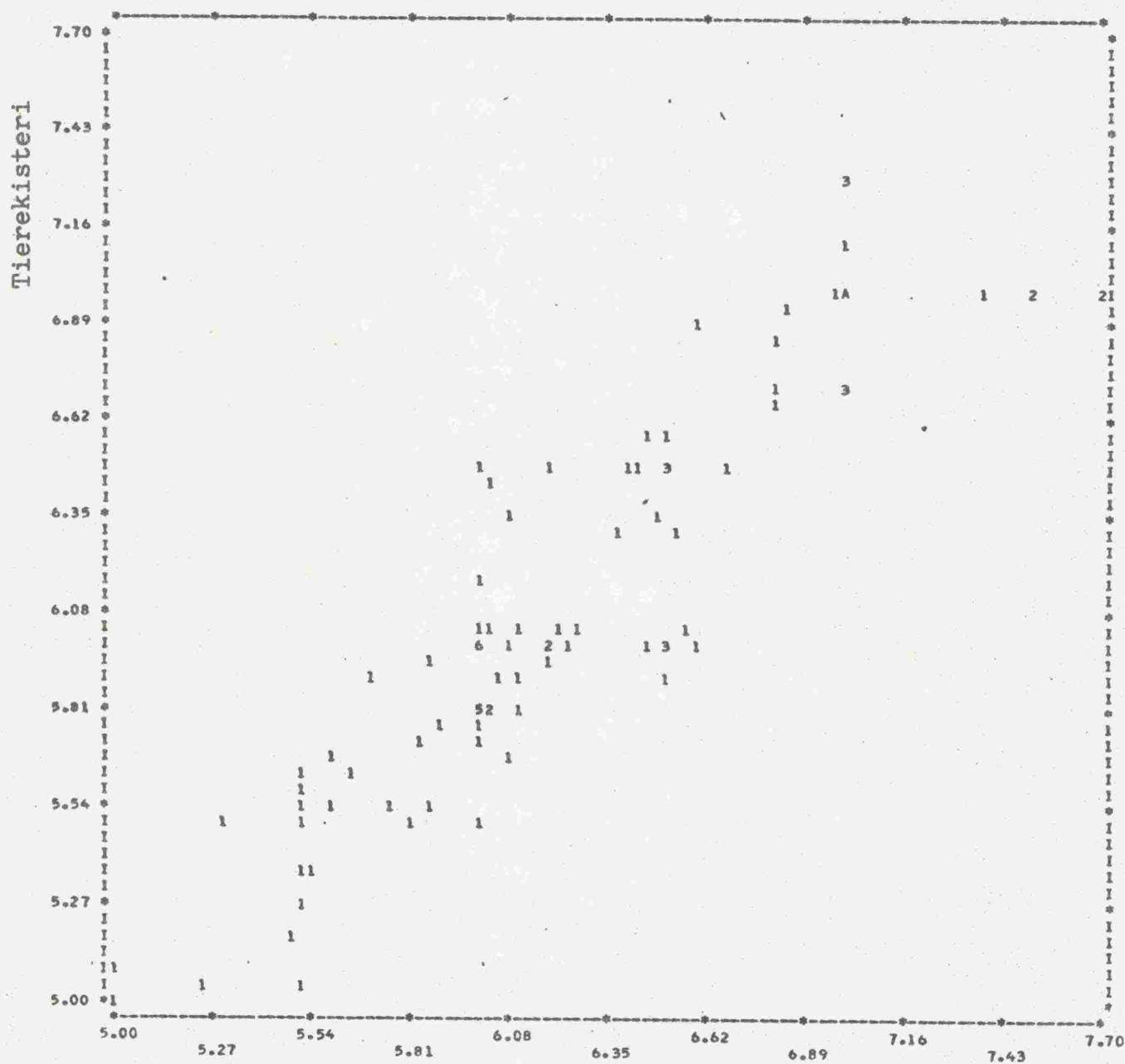
b) Tieosan keskimääräinen leveysluokka

Tarkasteltiin tieosakohtaisia leveyskeskiarvoja. Tierekisterissä esiintyviä keskiarvoja on verrattu referenssimittauksessa saatuihin keskiarvoihin kuviossa 22. Referenssimittauksissa saatuja keskiarvoja on verrattu keskenään kuviossa 23. Vertailuissa muodostettuja tilastollisia tunnuslukuja on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9: Leveyskeskiarvo

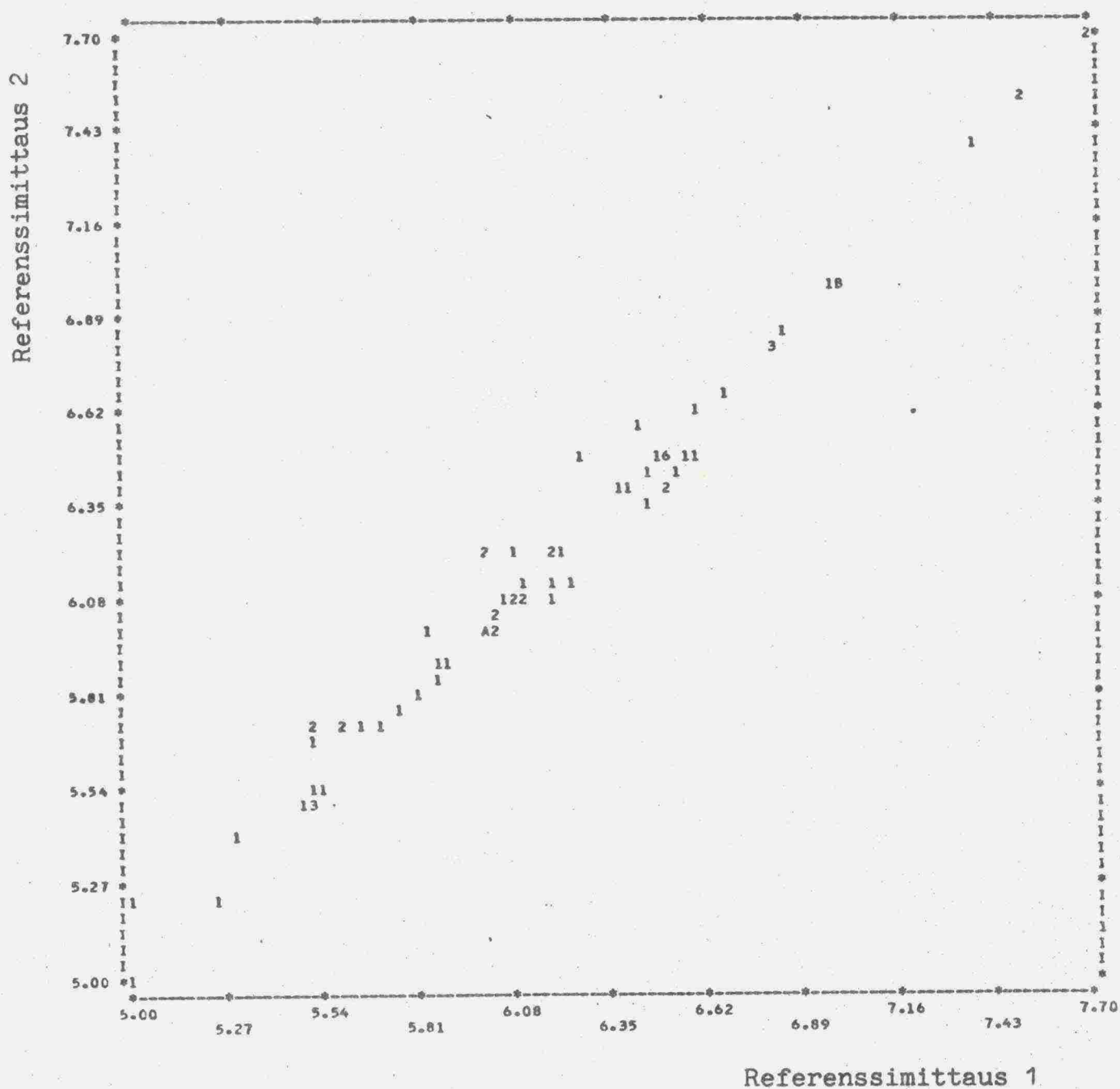
Mittaus	Tunnusluku							
	N	\bar{x}	SD	a	b	CV	R	R_k
Taso								
Referenssimitt. 1		6.32	0.59					
	109			0	0.984	0.026	0.903	0.917
Tierekisteri		6.22	0.57					
Toisto								
Referenssimitt. 1		6.32	0.59					
	109			0.22	0.968	0.007	0.994	
Referenssimitt. 2		6.34	0.57					

Kuvio 22: Tasoerot tieosakohtaisissa ajoradan
leveyskeskiarvoissa tierekisterin ja
referenssimittauksen välillä



Referenssimittaus 1

Kuvio 23: Tieosakohtaisten ajoradan leveyskeskiarvojen toistettavuus



Todetaan, että tierekisterin ja referenssimittauksen tieosakohtaisten leveyskeskiarvojen välillä on n. 1.5 %:n tasoero. Ero on tilastollisesti merkitsevä. Reliabiliteettikerroin on 0.903 ja tasokorjauksen jälkeen 0.917. Referenssimittauksetojen välillä esiintyy myös tilastollisesti merkitsevä systemaattinen ero. Se on kuitenkin suhteellisen vähäinen. Reliabiliteettikerroin on 0.994. Referenssimittauksen ja tierekisterin välinen vaihtelukerroin on n. 4 kertaa suurempi kuin referenssimittauksetojen välinen vaihtelukerroin. Tämä viittaa siihen, että tierekisteriarvot ovat heterogonisemmat kuin referenssimittauksetulokset.

Tieosakohtaisten leveyskeskiarvojen erojen toiminnallisen merkityksen selvittämiseksi aineisto luokiteltiin 0.5 metrin luokkiin. Näin luokitellun aineiston yhtäpitävyys on kuvattu kuviossa 24.

Kuvio 24: Tieosakohtaisten leveyskeskiarvojen yhtäpitävyys

		Referenssimittaus 1							
Taso		5.0-5.4	5.5-5.9	6.0-6.4	6.5-6.9	7.0-7.4	7.5-7.9	yht.	
Tierekisteri	5.0-5.4	5	3					8	H = 0.530
	5.5-5.9		15	16	1			32	
	6.0-6.4		1	19	7			27	
	6.5-6.9			5	10	3		18	
	7.0-7.4					20	4	24	
	7.5-7.9							0	
	yht.	5	19	40	18	23	4	109	
		Referenssimittaus 1							
Toisto		5.0-5.4	5.5-5.9	6.0-6.4	6.5-6.9	7.0-7.4	7.5-7.9	yht.	
Referenssimitt. 2	5.0-5.4	4						4	H = 0.878
	5.5-5.9	1	18					19	
	6.0-6.4		1	37	5			43	
	6.5-6.9			3	13			16	
	7.0-7.4					23		23	
	7.5-7.9						4	4	
	yht.	5	19	40	18	23	4	109	

Todetaan, että yhtäpitävyys tierekisterin ja referenssimittauksen välillä on edelleen suhteellisen alhainen ($H = 0.530$). Eräs syy tähän on se, että referenssimittauksessa on mitattu suurempia ajoradan leveyksiä. Referenssimittausten välinen yhtäpitävyys on tilastollisesti merkitsevästi parempi ($H = 0.878$). Erot referenssimittauskertojen välillä eivät ole systemaattisia.

5.9 Rautatietasoristeys

Tarkasteltiin rautatietasoristeysten esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (esiintymiskohtien lukumäärä tieosaa kohti), luokituksen yhtäpitävyyttä ja pituusmittausvirhettä.

a) Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Rautatietasoristeysten lukumäärä tieosaa kohti on kuvattu kuviossa 25.

Kuvio 25: Rautatietasoristeysten esiintyvyys (risteys/tieosa)

Taso

		Referenssimittaus 1			
		0	1	yht.	
Tierekisteri	0	106	0	106	$H = 1.000$
	1	0	4	4	
yht.		106	4	110	

Toisto

		Referenssimittaus 1			
		0	1	yht.	
Referenssimitt. 2	0	106	0	106	$H = 1.000$
	1	0	4	4	
yht.		106	4	110	

Todetaan, että otoksessa esiintyy vain neljä rautatietasoristeystä ja että ne sekä tierekisterissä, että molemmilla referenssimittauskerroilla esiintyvät samoilla tieosilla ($H = 1.000$). Koska

havaintoja on vain neljä, niin pitkälle vieviä johtopäätöksiä yhtäpitävyydestä ei voida vetää.

b) Luokituksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin luokituksen yhtäpitävyyttä tieosan sisällä huomioimatta mahdollisia pituusmittauksessa tapahtuneita siirtymiä tieosan sisällä. Yhtäpitävyys on esitetty kuviossa 26.

Kuvio 26: Rautatietasoristelyluokituksen yhtäpitävyys

Taso

		Referenssi 1			
		1	2	yht.	
Tierekisteri	1	3	0	3	H = 1.000
	2	0	1	1	
	yht.	3	1	4	

Toisto

		Referenssi 1			
		1	2	yht.	
Referenssi 2	1	3	0	3	H = 1.000
	2	0	1	1	
	yht.	3	1	4	

Havaitaan, että yhtäpitävyys sekä rekisterin ja referenssimittauksen sekä referenssimittausten välillä on täydellinen. Johtuen vähäisistä havainnoista, pitkälle vieviä johtopäätöksiä ei kuitenkaan voida vetää.

c) Pituusmittauksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin molemmilla mittauskerroilla havaittujen rautatietasoristeysten pituusmittauslukemat. Tulokset ovat esitetyt taulukossa 10.

Taulukko 10: Rautatietasoristeysten pituusmittaus

Mittaus	Tunnusluku					
	N	\bar{x}	SD	\bar{x} (ero)	CV	R
Taso						
Referenssimitt. 1		969	983			
	4			- 1	0.001	1.00
Tierekisteri		970	984			
Toisto						
Referenssimitt. 1		969	983			
	4			+ 3	0.002	1.00
Referenssimitt. 2		966	983			

Havaitaan, että taso- ja toistoerot ovat 0.1 - 0.3 %. Erot, jotka eivät ole tilastollisesti merkitseviä ovat saman suuruiset kuin tieosan pituusmittauserot (CV = 0.001 - 0.002). Näin ollen voidaan todeta, että rautatietasoristeyksen havaitsemispisteen määrittelyssä ei esiinny virheitä.

5.10 Silta

Tarkasteltiin sillan esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (so kuinka usein silta havaitaan molemmilla mittauskerroilla), luokituksen yhtäpitävyyttä sekä pituusmittauksen yhtäpitävyyttä.

a) Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Sillan yhtäpitävyys siltanumeron perusteella on kuvattu kuviossa 27. Aineistona ovat joko tierekisterissä esiintyvät tai jommalla kummalla referenssimittaukerralla havaitut sillat.

Kuvio 27: Sillan esiintyvyys

Taso

		Referenssimittaus 1		
		ei	on	yht.
Tierekisteri	ei	1	2	3
	on	0	48	48
	yht.	1	50	51

$$\% = 0.94$$

Toisto

Referenssimittaus 1

	ei	on	yht.	
Referenssimitt. 2 ei	0	1	1	
on	1	49	50	$\% = 0.96$
yht.	1	50	51	

 $\% = \text{on/on} - \text{tapausten osuus}$

Havaitaan, ettei täysin samoja siltoja havaittu kaikilla mittauskerroilla. Ristiriitaiset tapaukset ovat esitetyt liitteessä 6.

b) Luokituksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin luokituksen yhtäpitävyyttä molemmilla mittauskerroilla havaituissa pisteissä. Yhtäpitävyys on esitetty kuviossa 28.

Kuvio 28: Siltaluokituksen yhtäpitävyys

Taso

Referenssimittaus 1

	1	5	6	yht.	
Tierekisteri 1	47			47	
5				0	$H = 1.00$
6			1	1	
yht.	47	0	1	48	

Toisto

Referenssimittaus 1

	1	5	6	yht.	
Referenssimitt. 2 2	47			47	
5			1	1	$H = 0.742$
6			1	1	
yht.	47	0	2	49	

Todetaan, että tierekisterin ja referenssimittauksen välinen yhtäpitävyys on täydellinen ($H = 1.00$). Referenssimittausten välinen yhtäpitävyys sen sijaan ei ole täydellinen ($H = 0.742$) vaan esiintyy yksi luokitusvirhe. Tämä on esitetty liitteessä 6.

c) Pituusmittauksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin molemmilla kerroilla esiintyvien siltojen pituuslukemia. Tulokset ovat esitetyt taulukossa 11.

Taulukko 11: Sillan pituusmittaus

Mittaus	Tunnusluku						
	N	\bar{x}	SD	a	b	CV	R
Taso							
Referenssimitt. 1		2 269	1 679				
	47			-9.3	1.004	0.006	1
Tierekisteri		2 268	1 685				
Toisto							
Referenssimitt. 1		2 269	1 679				
	47			-3.9	1	0.002	1
Referenssimitt. 2		2 265	1 677				

Havaitaan, että referenssimittauksen ja tierekisterin välillä on systemaattinen tilastollisesti merkitsevä tasoero, vaikka sitä ei näy keskiarvoissa. Samoin referenssimittausten välillä on tilastollisesti merkitsevä ero. Tämä johtuu kuitenkin pituusmittausvirheestä. Referenssimittauksen ja tierekisterin välinen vaihtelukerroin on kolme kertaa suurempi kuin referenssimittausten välinen kerroin. Tämä viittaa siihen, että tierekisterissä on enemmän satunnaisvaihtelua kuin referenssimittauksessa. Näyttää siltä, että tierekisterissä sillan sijainnin määrittelyssä on jonkin verran epätarkkuutta.

5.11 Liittymä

Tarkasteltiin liittymän esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (so kuinka

usein sama liittymä havaitaan molemmilla mittauskerroilla), luokituksen yhtäpitävyyttä sekä pituusmittauksen yhtäpitävyyttä.

a) Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Liittymän yhtäpitävyys liittymänumeron perusteella on esitetty kuviossa 29. Aineistona ovat liittymät, joita on havaittu jommassa kummassa referenssimittauksessa tai jotka esiintyvät tierekisterissä.

Kuvio 29: Liittymän yhtäpitävyys

Taso

		Referenssimittaus 1			
		ei	on	yht.	
Tierekisteri	ei	1	5	16	% = 0.93
	on	4	141	145	
	yht.	5	146	151	

Toisto

		Referenssimittaus 1			
		ei	on	yht.	
Rekisterimitt. 2	ei	2	5	7	% = 0.93
	on	3	141	144	
	yht.	5	146	151	

% = on/on - tapausten osuus

Todetaan, että on yhteensä 11 liittymää, joita ei ole havaittu kaikkina kolmena mittauskertana (kts liite 7). Referenssimittauksen ja tierekisterin välillä on 9 ristiriitaista tapausta ja referenssimittauksien välillä on 8 ristiriitaista tapausta. Tierekisterin ja referenssin väliset erot johtuvat seuraavista syistä: Liittymän havaitsemattomuus jommalla kummalla kerralla 56 % (5 kpl) ja liittyvän tien numeron vaihtuminen 44 % (4 kpl). Referenssimittauksen väliset erot johtuvat seuraavista syistä: Liittymän havaitsemattomuus jommalla kummalla kerralla 50 % (4 kpl) ja liittyvän tien numeron vaihtuminen 50 % (4 kpl).

b) Luokituksen yhtäpitävyys

Kaikki otokseen kuuluvien liittymien luokka oli 1. Sama tulos saatiin kaikilla kolmella mittauskerralla.

c) Pituusmittauksen yhtäpitävyys

Tarkasteltiin molemmilla mittauskerroilla esiintyneitä liittymiä. Aineistosta poistettiin jakopisteenä olevat liittymät. Tulokset ovat esitetyt taulukossa 12.

Mittaus	Tunnusluku						
	N	\bar{x}	SD	a	b	CV	R
Taso							
Referenssimitt. 1		2 984	1 798				
	60			0	1.002	0.001	1
Tierekisteri		2 988	1 805				
Toisto							
Referenssimitt. 1		2 984	1 798				
	60			-4.0	1	0.002	1
Referenssimitt. 2		2 980	1 799				

Todetaan, että tierekisterin ja referenssimittauksen välillä on n. 0.2 %:n tasoero, joka on tilastollisesti merkitsevä. Myös referenssimittauksen välillä on tilastollisesti merkitsevä tasoero. Tämä johtuu mittauksessa yleensä esiintyvistä mittausvirheistä. Sekä tierekisterin ja referenssimittauksen välinen että referenssimittauksen välinen vaihtelukerroin on samaa suuruusluokkaa kuin tieosan pituusmittauksen vaihtelukerroin. Tästä voidaan päätellä, että liittymän sijainnin määrittelyyn ei liity epätarkkuutta.

6. Yhteenveto

Kesällä 1975 suoritettiin piilotutkimuksena Mikkelin piirissä tieteknisiä ja geometriamittauksia. Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida 1.1.1975 tierekisterissä vallinneen tilanteen mahdollista poikkeamaa kentällä vallitsevasta tilanteesta sekä kenttämittausmenetelmien toistettavuutta. Näin pyrittiin muodostamaan käsitys mahdollisen tierekisterilaadunvalvontajärjestelmän tarpeellisuudesta. Pilottitutkimuksen tarkoituksena oli edelleen selvittää tilastollisten menetelmien soveltuvuutta tierekisteriaineistoon sekä hankkia kokemuksia laadunvalvontatietojen ATK-käsittelystä.

Aineiston tilastollisessa analyysissä tarkasteltiin erikseen tietolajien luokitusosaa, etäisyystietojen pituusmittausta sekä etäisyystietojen vaihtumiskohtien (esiintymiskohtien) havaitsemista. Tietolajien luokitusosien yhtäpitävyyttä tierekisterin ja referenssimittauksen välillä sekä molempien referenssimittausten välillä on kuvattu taulukoissa 13 ja 14. Kun verrataan tierekisterin sisältö referenssimittautulokseen, todetaan, että jatkuvien tieosakohtaisten tietolajien joukosta tieosan pituuden yhtäpitävyys on paras. Myös tieosan keskimääräisen päällysteen, lyhyiden näkemien sekä kaarteisuuden yhtäpitävyys on suhteellisen hyvä. Huonompi se on pitkien näkemien sekä tieosan keskimääräisen ajoradan leveyden suhteen. Kaikista huonoin yhtäpitävyys on mäkisyydellä. Referenssimittausten toistettavuus on parempi kuin tierekisterin ja referenssimittauksen yhtäpitävyys. Poikkeuksena tästä säännöstä muodostavat näkemät, joissa ovat samat. Paras toistettavuus on tieosan pituudella ja päällysteellä. Huono se on mäkisyydellä ja näkemillä, varsinkin pitkillä näkemillä.

Taulukko 13: Jatkuvien tieosakohtaisten tietolajien luokitusosan yhtäpitävyys (reliabiliteetti R)

Tietolaji	Taso	Toisto
Tieosan pituus	1.00	1.00
Mäkisyys	0.80	0.96
Kaarteisuus	0.95	1.00
Näkemät, 460	0.90	0.88
Näkemät, 300	0.96	0.96
Näkemät, 150	0.96	0.97
Päällyste	0.99	1.00
Ajoradan leveys	0.90	0.99

Taulukko 14: Luokiteltujen tieosakohtaisten tietolajien sekä pistekohtaisten tietolajien luokitusosan yhtäpitävyys (kappa, H)

Tietolaji	Taso	Toisto
Päällyste	0.90	1.00
Ajoradan leveys	0.53	0.88
Rautatietasoristeys	1.00	1.00
Silta	1.00	0.74
Liittymä	1.00	1.00

Todetaan, että luokiteltujen tieosakohtaisten tietolajien sekä pistekohtaisten tietolajien joukosta tierekisterin ja referenssimittauksen havainnot yhtyvät täydellisesti rautatietasoristeuksen, sillan ja liittymän osalta. Päällysteen yhtäpitävyys on suhteellisen hyvä, mutta ajoradan leveyden yhtäpitävyys on huono. Referenssimittausten toistettavuus on täydellinen rautatietasoristeuksen, liittymän ja päällysteen osalta. Sillan ja ajoradan leveyden osalta se ei ole täydellinen. Ajoradan leveyden referenssimittauksen toistettavuus on kuitenkin parempi kuin tierekisterin ja referenssimittauksen yhtäpitävyys.

Etäisyystietojen pituusmittauksen yhtäpitävyys tierekisterin ja referenssimittauksen välillä sekä molempien referenssimittausten välillä on kuvattu taulukossa 15.

Taulukko 15: Etäisyystietojen pituusmittauksen yhtäpitävyys (vaihtelukerroin, CV)

Tietolaji	Taso	Toisto
Kunta	0,010	0.001
Päällyste	0.018	0.006
Valaistus	0.057	0.062
Rautatietasoristeys	0.001	0.002
Silta	0.006	0.002
Liittymä	0.001	0.003

Todetaan, että tierekisterin ja referenssimittauksen välisessä vertailussa yhtäpitävyys on paras rautatietasoristeuksen ja liittymän osalta. Vaihtelukerroin on samaa luokkaa kuin tieosan pituusmittauksessa, joten näissä mittauksissa ei esiinny virhettä pisteen sijainnin määrittelyssä. Sillan ja kunnan osalta yhtäpitävyys on suhteellisen hyvä. Päällysteen osalta se on jonkin verran huonompi ja valaistuksen osalta se on huonoin. Referenssimittausten välinen toistettavuus on yleensä parempi kuin tierekisterin ja referenssimittauksen välinen yhtäpitävyys. Kaikkien muiden tietolajien paitsi päällysteen ja valaistuksen osalta toistettavuus on samaa luokkaa kuin tieosan pituusmittauksessa. Valaistuksen osalta toistettavuus on huono.

Etäisyystietojen vaihtumiskohtien (esiintyvyysskohtien) yhtäpitävyys tierekisterin ja referenssimittauksen välillä sekä molempien referenssimittausten välillä on kuvattu taulukossa 16.

Todetaan, että vaihtumiskohtien yhtäpitävyys tierekisterin ja referenssimittauksen välillä on täydellinen rautatietasoristeuksen osalta sekä hyvä valaistuksen, kunnan ja sillan osalta.

Yhtäpitävyys on suhteellisen hyvä päällysteen osalta ja huono

ajoradan leveyden ja liittymän osalta. Referenssimittauksen välinen toisto on parempi kuin tierekisterin ja referenssimittauksen välinen yhtäpitävyys. Toistettavuus on täydellinen kunnan, päällysteen, valaistuksen ja rautatietasoristeyksen osalta. Toistettavuus on hyvä sillan ja ajoradan leveyden osalta. Huono se on liittymän osalta.

Taulukko 16: Etäisyystietojen vaihtumiskohtien yhtäpitävyys
(kappa, H)

Tietolaji	Taso	Toisto
Kunta	0.93	1.00
Päällyste	0.80	1.00
Valaistus	0.94	1.00
Ajoradan leveys	0.24	0.87
Rautatietasoristeys	1.00	1.00
Silta	0.94 x	0.96 x
Liittymä	0.93 x	0.93 x

x) Yhteisten tapausten osuus

7. Pohdinta

Eräs tapa asettaa tietolajit laatutasoltaan paremmuusjärjestykseen on yhdistää intuitiivisesti taulukoiden 13 - 16 tunnusluvut luokitukseksi hyvä, tyydyttävä ja huono. Tulos on esitetty taulukossa 17.

Tieosan pituus on hyvä tasoltaan tierekisterissä. Tietolajilla on myös hyvä toistettavuus. Ei liene syytä pyrkiä parantamaan tietolajin laatua. Kuitenkin on kiinnitettävä huomiota mittarin tarkistuksineen aina kun mittausautoon tehdään muutoksia.

Mäkisyiden laatutaso tierekisterissä on suhteellisen huono. Mäkisyysmittauksen toistettavuus on sen sijaan hyvä. On syytä epäillä, että tierekisterin mäkisyyslukujen tasossa on vaihtelua. Näin ollen tierekisterin mäkisyyslukujen laatutasoa olisi seurata.

tava.

Taulukko 17: Tietolajien vertailu keskenään

Tietolaji	Taso	Toisto
Tieosan pituus	H	H
Mäkisyys	O	H
Kaarteisuus	T	H
Näkemät, 460	T	T
Näkemät, 300	H	H
Näkemät, 150	H	H
Kunta	T	H
Päällyste	T	H
Valaistus	T	T
Ajoradan leveys	O	O
Rautatietasoristeys	H	H
Silta	T	H
Liittymä	T	T

H = hyvä, T = tyydyttävä, O = huono

Kaarteisuuden laatutaso tierekisterissä on tyydyttävä. Tietolajin toistettavuus on hyvä. Tierekisterin ja referenssimittauksen välillä esiintyy selvää tasoeroa, joka viittaa siihen että joko tierekisterissä tai referenssimittauksessa esiintyy systemaattista virhettä. Asian selvittämiseksi tierekisterin kaarteisuuslukujen laatutasoa olisi seurattava.

Näkemäprosentin laatutaso on pitkällä näkemillä tyydyttävä ja lyhyillä näkemillä hyvä. Tämä pätee sekä verrattaessa tavallista mittausta tasavälimittaukseen että tavallista mittausta toistettaessa. Huomionarvoista on, että mittaajien väliset erot voivat olla suhteellisen merkittäviä. Tästä syystä olisi jatkotutkimuksessa suoritettava näkemien laatutason seuranta. Tasavälinen näkemämittaus ei ole sellaisena kuin se oli pilotissa, parempi kuin tavallinen näkemämittaus.

Kunta on tyydyttävä tasoltaan tierekisterissä ja hyvä toistettavuudeltaan. Tierekisterissä esiintyy jonkin verran epätarkkuutta kunnan rajan määrittelyssä. Referenssimittauksessa tällaista ei esiinny. Referenssimittauksessa kaikki kunnan rajat havaittiin. Tierekisterissä esiintyy tässä pieniä virheitä.

Päällyste on tyydyttävä tasoltaan tierekisterissä ja hyvä toistettavuudeltaan. Kun muodostettiin keskimääräinen tieosakohtainen päällysteluokka, niin voitiin todeta, että se oli hyvä sekä tasoltaan tierekisterissä että toistettavuudeltaan. Alkuperäinen luokiteltu tieto oli myös hyvä referenssimittauksessa ja suhteellisen hyvä tierekisterissä. Päällysteluokituksen vaihtumiskohdat toistuivat hyvin referenssimittauksissa, mutta olivat jonkin verran huonommat tierekisterissä. Pituusmittauksen yhteydessä esiintyy virheitä luokituksen vaihtumiskohdan tarkan sijainnin määrittelyssä sekä referenssimittauksessa että tierekisterissä. Tierekisterissä virhe kuitenkin on suurempi. Päällystetiedon laatutasoa tierekisterissä olisi seurattava.

Valaistus on tyydyttävä tasoltaan tierekisterissä ja toistettavuudeltaan. Valaistuksen alku- ja päättymispisteiden tarkan sijainnin määrittelyssä esiintyy huomattavaa harhaa sekä tierekisterissä että referenssimittauksessa. Näiden pisteiden havaitseminen sen sijaan onnistui hyvin referenssimittauksessa ja suhteellisen hyvin tierekisterissä. Valaistustietoa olisi tarkasteltava jatkossakin.

Ajoradan leveys on huono tasoltaan tierekisterissä ja tyydyttävä toistettavuudeltaan. Kun tarkasteltiin tieosan keskimääräistä leveyttä jatkuva-arvoisena lukuna, niin saavutettiin hyvä toistettavuus, mutta tierekisterissä oleva tieto oli suhteellisen huono. Kun arvot luokiteltiin puolen metrin luokkiin, niin toistettavuus oli suhteellisen hyvä, mutta tierekisterissä oleva tieto oli huono. Luokituksen vaihtumiskohtien toistettavuus oli tyydyttävä, mutta tierekisterissä oleva tieto poikkesi huomattavasti referenssimittauksesta. Ajoradan leveystiedon laadun suhteen olisi suoritettava laaduntarkkailua.

Rautatietasoristeys on hyvä sekä tasoltaan tierekisterissä, että toistettavuudeltaan. Kaikki risteykset on havaittu sekä tierekisteri-inventoinnissa, että toistomittauksessa. Risteyksen sijainnin määrittelyssä ei myöskään esiinny virheitä. Samoin risteysluokitus on sama sekä rekisterissä että molemmilla referenssimittauskerroilla.

Silta on tierekisterissä tyydyttävä ja toistomittauksissa hyvä. Siltaluokitus on tierekisterissä hyvä, mutta sisältää referenssimittauksessa pieniä virheitä. Siltojen havaitseminen on referenssimittauksessa onnistunut hyvin ja tierekisterissä jonkin verran huonommin. Sillan tarkan sijainnin määrittelyssä referenssimittauksessa ei esiinny virheitä. Tierekisterissä sen sijaan esiintyy pieniä virheitä.

Liittymä on tyydyttävä sekä tasoltaan tierekisterissä että toistettavuudeltaan. Liittymäluokitus on oikea sekä tierekisteissä että referenssimittauksessa. Liittymän havaitsemisessa esiintyy virheitä sekä tierekisterissä että referenssimittauksessa. Liittymän tarkan sijainnin määrittelyssä ei esiinny virhettä ei rekisterissä eikä referenssimittauksessa. Liittymätiedon laatua olisi seurattava jatkossakin.

Suositus: Mahdollisen jatkuvan tierekisterin laatutasoa valvo-
van systeemin piiriin olisi tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena olleiden tietolajien joukosta valittava seuraavat tietolajit: Mäkisyys, kaarteisuus, näkemät, päällyste, ajoradan leveys, valaistus ja liittymä.

TIETOLAJIEN OMINAISUUDET

Tietolaji	Luokitus	Osoite
Tieosan pituus	Jatkuva	Tieosa
Mäkisyysluku	"	"
Kaarteisuusluku	"	"
Näkem. %, > 150 m	"	"
" , > 300 m	"	"
" , > 460 m	"	"
Kunta	Luokka	Jatk. etäis.
Ajoradan leveys	4.0 - 12.0	"
Ajoradan pääll.	10 = kesto	"
	20 = kevyt	
	30 = sora	
Valaistus	1 = on	Välik. etäis.
	0 = ei	
Rautatietasoristeys	1 = ei turvalaitetta	Pistek. etäis.
	2 = valo tai ääni	
	3 = puolipuomi	
	4 = kokopuomi	
Liittymä ja rist.	1 = tasoliitt.	Pistekoht. etäis.
	2 = y-liitt.	
	3 = eritasoliitt.	
	4 = liikenneymp.	
	5 = eritasorist.	
Silta	1 = vesistö	Pistekoht. etäis.
	2 = ylikulku	
	3 = alikulku	
	4 = rautatie	
	5 = ylikulkukäytävä	
	6 = alikulkukäytävä	

KUNTA

- Esiintyvyyden yhtäpitävyys

Tie	Tierekisteri		Referenssi				Kunta		Ero (m)
	Tieosa	Etäis	Tieosa	Etäis	Tieosa	Etäis	Tieosa	Etäis	
432	08	3445	11	0094	08	3445	10	6974	648
432	11	0094	11	1170	10	6974	11	1170	638

} 121

- Pituusmittaus

Tie	Tieosa	Tierekisteri	Ref. 1	Ref. 2
		alku-loppu	alku-loppu	alku-loppu
4712	03	0000-6092	0000-5976	0000-5983

/EP

AJORADAN PÄÄLLYSTE

- Luokituksen yhtäpitävyys

Tie	Tieosa	Päällysteluokitus	
		Tierek.	Ref.
431	1-6	20	20
	6-7	10	20
4141	1	20	20
	1	20	30
4163	1-2	20	20
	2	20	10
4323	1	10	10
	1	10	20
4473	1	30	20
	1	30	30
4342	1	10	20
	1	20	20

- Pituusmittaus

Tie	Tieosa	Tierek.	Etäisyys	
			ref 1	ref 2
414	01	4155	4180	4134
4644	01	86	296	336

LIITE 5.

VALAISTUS

- Esiintyvyyden yhtäpitävyys				
Tie	Tieosa	Etäisyys		
		Tierek.	ref. 1	ref. 2
		alku-loppu		
420	1	0000-0075	-	-

- Pituusmittaus				
Tie	Tieosa	Etäisyys		
		Tierek.	ref. 1	ref. 2
14	1	3544	3544	3888
14	16	1319	1143	1143
431	1	588	302	300

/EP

SILTA

Esiintyvyyden yhtäpitävyys				
			Siltanumero	
Tie	Tieosa	Tierek.	ref. 1	ref. 2
14	13	-	614	614
4251	2	063	063	-
4555	1	-	-	232
4556	1	-	288	288

Luokituksen yhtäpitävyys				
			Siltaluokka	
Tie	Tieosa	Silta no	Tierek. ref. 1	ref. 2
14	13	614	- 6	6
14	16	642	6 6	5

LIITTUMIEN ESIINTYVYYS

Tierekisteri Referenssim. 1				Referenssim. 2			
Tie- no	Liitt. no	Tie- osa	Etäis.	Tie- osa	Etäis.	Tie- osa	Etäis.
14	4671	09	0000				
14	4642			11	0000	11	0000
14	15358			13	3610		
14	15358			13	4263		
14	14206	19	2036				
14	15381			19	2037		
71	15376	07	4971	07	4971		
71	15374					07	4966
410	413	05	3100			05	3091
4644	13539			01	0060		
4644	15359	01	0063			01	0058

/EP

Kirjallisuutta

Bydler, Knekt, Salovaara: Nordic Road Date Banks,
Traffic Engineering and
control, 1975

Cohen: A coefficient of agreement for
nominal scales (1960), Educational
and psychological measurement, vol XX,
No 1

Fleiss: Statistical methods for rates and
proportions (1973)

Hald: Statistical theory with engineering
applications (1952)

Johnston: Econometric Methods (1960)

Sprent: Models in regression and
related topics (1969)

Tierekisterin kenttäohje (julkaisematon)

The University of Michigan: OSIRIS III

Winer: Statistical principles in experimental
desing (1962)